

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)



А.А.Панфилов

« 24 » 06 2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

АНТЕННЫ И УСТРОЙСТВА МИКРОЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ В РАДИОФИЗИКЕ

Направление подготовки 11.03.01 Радиотехника

Профиль/программа подготовки

Уровень высшего образования бакалавриат

Форма обучения очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля, экз./зачет(час.)
6	6/216	18	36	36	90	экзамен(36)
Итого	6/216	18	36	36	90	экзамен(36)

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины «Антенны и устройства микроволновой техники в радиофизике» (А и УМЭТ в РФ) является:

1. изучение принципов работы пассивных и активных МЭУ СВЧ, микрополосковых антенн и освоение методов их расчета, в том числе, с помощью современных вычислительных средств вычислительной техники;
2. приобретение практических навыков автоматизированного проектирования и экспериментального проектирования МЭУ СВЧ и антенн с использованием современных измерительных средств, ознакомление с основами их конструирования и технологической реализации.
3. получение углубленных знаний в области проектирования МЭУ СВЧ и антенн, связанных с разными сферами деятельности специалиста:
 - проектно-конструкторской;
 - производственно-технологической;
 - научно-исследовательской;
 - сервисно-эксплуатационной.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина: Антенны и устройства микроволновой техники в радиофизике (А и УМЭТ в РФ);

- индекс: Б1.В.ДВ.6;
- вариативная часть, дисциплины по выбору.

При освоении дисциплины А и УМЭТ в РФ используются основные положения и знание полученные студентами при изучении предыдущих курсов: «Физика радиоволн», «Электродинамика и РРВ», «Устройства СВЧ и антенны», «Основы конструирования и проектирования РЭС». Дисциплина А и УМЭТ в РФ дает необходимую подготовку в области конструирования интегральных схем СВЧ и антенн современных радиотехнических средств.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ А и УМЭТ в РФ

В результате освоения дисциплины, обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования.

1) Знать:

- принципы работы и типовые схемотехнические и конструкторские решения основных МЭУ СВЧ и антенн современных радиотехнических средств;
- методы проектирования, в том числе с помощью САПР, планарных МЭУ и антенн;
- основы технологической реализации интегральных схем СВЧ и печатных антенн;
- методы экспериментального исследования МЭУ СВЧ и антенн с помощью современной измерительной аппаратуры (ОК-7).

2) Уметь:

- технически обосновывать выбор схемотехнического и конструктивного решения при разработке МЭУ СВЧ и антенн;
- применять существующие методы расчета МЭУ СВЧ и антенн, проводить компьютерное моделирование с использованием современных специализированных программных средств;
- выполнять экспериментальные исследования МЭУ СВЧ и антенн на современной измерительной базе (ОК-7, ОПК-5).

3) Владеть:

- существующей методологией проектирования МЭУ СВЧ и антенн, в том числе с помощью современных САПР.
- типовые методики исследования МЭУ СВЧ с помощью современной автоматизированной измерительной аппаратуры и их адаптацией для исследования направленных свойств антенн;
- типовыми приемами калибровки и настройки современной измерительной аппаратуры СВЧ (ОК-7, ОПК-5, ПК-1).

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ А и УМЭТ в РФ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС	КП / КР		
1	Линии передачи СВЧ	6	1	1	2			5		2/67	
2	Элементы и узлы интегральных схем СВЧ	6	2	1	2			5		2/67	
3	Устройства СВЧ	6	3	1	2	12		5		12/86	
4	Автоматизация проектирования устройств СВЧ	6	4	1	2			5		2/67	
5	Проектирование транзисторных усилителей СВЧ	6	5	1	2	4		5		4/57	
		6	6	1	2	4		5		4/57	Рейтинг-контроль № 1
6	Проектирование диодных преобразователей частоты	6	7	1	2			5		2/67	
		6	8	1	2			5		2/67	
		6	9	1	2			5		2/67	
7	Проектирование диодных генераторов СВЧ	6	10	1	2			5		2/67	
		6	11	1	2			5		2/67	
8	Методы расчеты микрополосковых антенн	6	12	1	2	4		5		4/57	Рейтинг-контроль № 2
9	Микрополосковые антенны с увеличенной полосой рабочих частот	6	13	1	2	4		5		4/57	
10	Микрополосковые антенны миллиметрового диапазона. Диэлектрические резонаторные антенны.	6	14	1	2			5		2/67	
		6	15	1	2			5		2/67	

11	Микрополосковые антенны с пластинами и подложками из нетрадиционных материалов.	6	16	1	2			5		2/67	
	Активные микрополосковые антенны	6	17	1	2			5		2/67	
12	Антенны с электрически управляемыми направленными свойствами	6	18	1	2	8		5		8/73	Рейтинг-контроль № 3
Всего				18	36	36		90		60/66.2	экзамен

Матрица соотношения разделов дисциплины и формируемых компетенций					
Раздел дисциплин	Трудоемкость (в часах)	Компетенции			Количество компетенций
		ОК-7	ОПК-5	ПК-1	
1	3	+			1
2	3	+			1
3	15	+	+		2
4	3	+		+	2
5	14	+	+	+	3
6	9	+	+	+	3
7	6	+		+	2
8	7	+		+	2
9	7	+		+	2
10	6	+		+	2
11	6	+	+	+	3
12	11	+	+	+	3
Вес компетенций		0,46	0,19	0,35	

№ п/п	Темы практических занятий	Трудоемкость (в часах)
1	Восьмиполюсные устройства СВЧ	4
2	Фильтры СВЧ	4
3	Управляющие устройства СВЧ на коммутационных диодах	4
4	Транзисторные усилители СВЧ	6
5	Диодные преобразователи частоты	6
6	Генераторы на полупроводниковых диодах	6
7	Микрополосковые антенны устройства	6

№ п/п	Темы лабораторных работ	Трудоемкость (в часах)
1	Восьмиполюсные устройства СВЧ	4
2	Фильтры СВЧ	4
3	Управляющие устройства СВЧ на коммутационных диодах	4
4	Транзисторные усилители СВЧ	8
5	Микрополосковые антенные устройства	8
6	Многолучевая антенная решетка	8

№ п/п	Содержание РГР (номера разделов дисциплины)	Трудоемкость (в часах)
1	№ 1, 2, 4 (5 вариантов)	10 (СРС)
2	№ 3, 4, 5 (5 вариантов)	10 (СРС)
3	№ 6, 7, 8, 9, 10, 11 (5 вариантов)	10 (СРС)

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

5.1. Активные и интерактивные формы обучения

С целью формирования и развития профессиональных навыков студентов в учебном процессе используются активные и интерактивные формы проведения аудиторных занятий и внеаудиторной работы. Объём аудиторных занятий, проводимых с использованием интерактивных форм, составляет 36 часов лабораторного практикума, 36 часов практических занятий, 30 внеаудиторных часов для выполнения РГР.

5.2. Самостоятельная работа студентов

Насыщенность курса новыми для студентов материалами предполагает интенсивную самостоятельную работу, эффективному характеру которой способствуют еженедельные консультации. Самостоятельная работа включает домашнюю работу с лекционными материалами с целью расширения и углубления теоретических знаний, подготовку к практическим занятиям, подготовку к выполнению и защите лабораторных работ, выполнение заданий, предусмотренных РГР. В основе самостоятельной работы лежит изучение рекомендованной основной и дополнительной литературы. Базовые источники и пакеты прикладных программ в электронном виде включены в учебно-методический комплекс, сопровождающий дисциплину

5.3. Компьютерные технологии обучения

Для более эффективного освоения дисциплины студентам предоставляется электронная версия учебно-методического комплекса (УМК), включающего: конспект лекций и методические указания к ним; методические указания к практическим занятиям, лабораторному практикуму, самостоятельной работе. В УМК включены и сопровождающий дисциплину пакет прикладных программ, рабочая программа, список вопросов к экзамену. Компьютерные технологии используются на практических занятиях при подготовке к лабораторным работам, обработке экспериментальных результатов и оформлении отчётов, при выполнении заданий, предусмотренных РГР.

5.4. Лекции приглашённых специалистов

В рамках курса А и УМЭТ в РФ предусмотрены встречи со специалистами и потенциальными работодателями. В частности:

- запланирована лекция доктора технических наук, профессора Московского Государственного Технического Университета (МЭИ) Сазонова Д.М.
- предполагается встреча с начальником лаборатории «ГНПП «Крона»», г. Владимир Н.Г. Соколовым и генеральным директором ОКБ «Радиосвязь» г. Владимир, А.Е. Богданов.

5.5. Рейтинговая система обучения

Рейтинг-контроль проводится 3 раза за семестр и предполагает суммарную оценку баллов по следующим составляющим: планомерность выполнения лабораторных работ, активность и степень освоения материала на практических занятиях, планомерность и качество выполнения РГР.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

6.1. Вопросы к экзамену.

1. Микрополосковая линия.
2. Щелевая и копланарная линии .
3. Связанные линии передачи .
4. Индуктивности, ёмкости, резисторы, согласованные нагрузки для интегральных схем СВЧ.
5. Резонаторы на микрополосковых, щелевых и диэлектрических структурах .
6. Устройства возбуждения линий передачи, переходы, короткозамыкатели .
7. Направленные ответвители и мосты .
8. Делители и сумматоры мощности .
9. Устройства управления фазой и амплитудой сигнала .
10. Фильтры СВЧ .
11. Общая характеристика CST Microwave Studio.
12. Численные методы расчета в среде CST Studio Suite.
13. Моделирование СВЧ устройств и антенн в среде CST Suite.
14. Бесструктурная модель транзистора СВЧ .
15. Устойчивость транзисторных усилителей СВЧ .
16. Режим двухстороннего согласования в транзисторных усилителях СВЧ .
17. Режим фиксированного усиления в безусловно устойчивом транзисторном усилителе СВЧ.

18. Режим фиксированного усиления в потенциально неустойчивом транзисторном усилителе СВЧ .
19. Согласующие цепи в микрополосковом транзисторном усилителе СВЧ .
20. Развязывающие и блокировочные элементы в широкополосном транзисторном усилителе СВЧ .
21. Общие положения расчета СВЧ диодных преобразователей частоты .
22. Свойства одноконтурных СВЧ смесителей .
23. Сложные схемы СВЧ смесителей .
24. Преобразование частоты с подавлением зеркального канала .
25. Гетеродины СВЧ преобразователей частоты .
26. Генераторные диоды с межзащитным переносом элементов (МЖД): эквивалентная схема и инженерный метод определения параметров .
27. Расчет электронного режима и полного сопротивления генераторного диода .
28. Расчет цепей подавления паразитных НЧ колебаний в диодных генераторах СВЧ .
29. Конструирование микрополосковых диодных генераторов СВЧ .
30. Перестройка частоты в диодных генераторах СВЧ .
31. Модель длинной линии для прямоугольной микрополосковой антенны .
32. Микрополосковые антенны, возбуждаемые микрополосковой линией .
33. Резонансная модель микрополосковой линии .
34. САПР-модель прямоугольной микрополосковой антенны, возбуждаемой коаксиальной линией .
35. САПР-модель связанной микрополосковой антенны .
36. САПР-модель электромагнитно-связанной микрополосковой антенны .
37. Электродинамическая модель, учитывающая основные процессы в структуре антенны .
38. Электродинамическая модель дисковой микрополосковой антенны .
39. Порядок разработки электромагнитно-связанной микрополосковой антенны на двухслойных подложках .
40. Влияние конечных размеров экранной плоскости и подложки.
41. Увеличение полосы широкополосных антенн добавлением пассивных излучателей .

42. Частотно-независимые и логопериодические антенны .
43. Широкополосные микрополосковые антенны с пластинами сложной формы .
44. Широкополосные микрополосковые антенны с согласующими цепями .
45. Микрополосковые антенны с пространственными переходами .
46. Вибраторные и щелевые микрополосковые антенны .
47. Микрополосковые антенны с круговой поляризацией .
48. Щелевые микрополосковые антенны КВЧ диапазона .
49. Логопериодические микрополосковые антенны КВЧ диапазона .
50. Антенны КВЧ диапазона на основе Френелевских зонных пластин .
51. Диэлектрические резонаторные антенны .
52. Широкополосные диэлектрические резонаторные антенны .
53. Микрополосковые антенны с пластинами из высокотемпературных сверхпроводящих материалов .
54. Микрополосковые антенны на ферритовых подложках .
55. Микрополосковые антенны на подложках из киральных материалов .
56. Микрополосковые антенны на подложках из полосоно-замирающих материалов.
57. Активные микрополосковые антенны .
58. Способы сканирования и задачи, решаемые с помощью антенных решеток .
59. Фазированные антенные решетки .
60. Управление фазированием сканирующих антенных решеток .
61. Многолучевые антенные решетки.
62. Антенные решетки с частотным сканированием .

6.2. Текущий контроль. Вопросы к рейтинг-контролю .

Рейтинг-контроль №1

1. Микрополосковая линии для (п.7а,[1] с. 6-24).
2. Щелевая и копланарная линии (п.7а, [1] с. 24-28).
3. Связанные линии передачи (п.7а, [1] с. 28-31).
4. Индуктивности, ёмкости, резисторы, согласованные нагрузки для интегральных схем СВЧ (п.7а, [1] с. 40-46).

5. Резонаторы на микрополосковых, щелевых и диэлектрических структурах (п.7а, [1] с. 47-53).
6. Устройства возбуждения линий передачи, переходы, короткозамыкатели (п.7а, [1] с. 53-56).
7. Направленные ответвители и мосты (п.7а, [1] с. 57-67).
8. Делители и сумматоры мощности (п.7а, [1] с. 68-75).
9. Устройства управления фазой и амплитудой сигнала (п.7а, [1] с. 76-86).
10. Фильтры СВЧ (п.7а, [1] с. 87-100).
11. Общая характеристика CST Microwave Studio(п.7а, [2] с. 57-67).
12. Численные методы расчета в среде CST Studio Suite(п.7а, [2] с. 68-75).
13. Моделирование СВЧ устройств и антенн в среде CST Suite(п.7а, [1] с. 76-86).
14. Бесструктурная модель транзистора СВЧ (конспект лекций (КЛ) с. 1-3).
15. Устойчивость транзисторных усилителей СВЧ (КЛ с. 1-3).
16. Режим двухстороннего согласования в транзисторных усилителях СВЧ (КЛ с. 3-9).
17. Режим фиксированного усиления в безусловно устойчивом транзисторном усилителе СВЧ (КЛ с. 11-13).
18. Режим фиксированного усиления в потенциально неустойчивом транзисторном усилителе СВЧ (КЛ с. 13-15).
19. Согласующие цепи в микрополосковом транзисторном усилителе СВЧ (КЛ с. 15-20).
20. Развязывающие и блокировочные элементы в широкополосном транзисторном усилителе СВЧ (КЛ с. 15-20).

Рейтинг-контроль №2

1. Общие положения расчета СВЧ диодных преобразователей частоты (КЛ с. 22-25).
2. Свойства одноктактных СВЧ смесителей (КЛ с. 25-31).
3. Сложные схемы СВЧ смесителей (КЛ с. 31-33).
4. Преобразование частоты с подавлением зеркального канала (КЛ с. 34-38).
5. Гетеродины СВЧ преобразователей частоты (КЛ с. 39-40).
6. Генераторные диоды с межзащитным переносом элементов (МПД): эквивалентная схема и инженерный метод определения параметров (КЛ с. 57-56).
7. Расчет электронного режима и полного сопротивления генераторного диода (КЛ с. 58-59).
8. Расчет цепей подавления паразитных НЧ колебаний в диодных генераторах СВЧ (КЛ с. 59-60).
9. Конструирование микрополосковых диодных генераторов СВЧ (КЛ с. 60-62).

10. Перестройка частоты в диодных генераторах СВЧ (КЛ с. 63-64).
11. Модель длинной линии для прямоугольной микрополосковой антенны (п. 7а, [3] с. 5-7).
12. Микрополосковые антенны, возбуждаемые микрополосковой линией (п. 7а, [3] с. 7-8).
13. Резонаторная модель микрополосковой линии (п. 7а, [3] с. 8-11).
14. САПР-модель прямоугольной микрополосковой антенны, возбуждаемой коаксиальной линией (п. 7а, [3] с. 11-14).
15. САПР-модель связанной микрополосковой антенны (п. 7а, [3] с. 14-16).
16. САПР-модель электромагнитно-связанной микрополосковой антенны (п. 7а, [3] с. 16-19).
17. Электродинамическая модель, учитывающая основные процессы в структуре антенны (п. 7а, [3] с. 19-20).
18. Электродинамическая модель дисковой микрополосковой антенны (п. 7а, [3] с. 23-26).
19. Порядок разработки электромагнитно-связанной микрополосковой антенны на двухслойных подложках (п. 7а, [3] с. 26-27).
20. Влияние конечных размеров экранной плоскости и подложки (п. 7а, [3] с. 31-34).

Рейтинг-контроль № 3

1. Увеличение полосы широкополосных антенн добавлением пассивных излучателей (п.7а, [3] с. 35-40).
2. Частотно-независимые и логопериодические антенны (п.7а, [3] с. 40-42).
3. Широкополосные микрополосковые антенны с пластинами сложной формы (п.7а, [3] с. 42-45).
4. Широкополосные микрополосковые антенны с согласующими цепями (п.7а, [3] с. 45-49).
5. Микрополосковые антенны с пространственными переходами (п.7а, [3] с. 49-51).
6. Вибраторные и щелевые микрополосковые антенны (п.7а, [3] с. 51-54).
7. Микрополосковые антенны с круговой поляризацией (п.7а, [3] с. 54-58).
8. Щелевые микрополосковые антенны КВЧ диапазона (п.7а, [3] с. 59-61).
9. Логопериодические микрополосковые антенны КВЧ диапазона (п.7а, [3] с. 61-61).
10. Антенны КВЧ диапазона на основе Френелевских зонных пластин (п.7а, [3] с. 61-62).
11. Диэлектрические резонаторные антенны (п.7а, [2] с. 61-67).
12. Широкополосные диэлектрические резонаторные антенны (п.7а, [2] с. 69-71).
13. Микрополосковые антенны с пластинами из высокотемпературных сверхпроводящих материалов (п.7а, [2] с. 71-74).
14. Микрополосковые антенны на ферритовых подложках (п.7а, [2] с. 74-76).

15. Микрополосковые антенны на подложках из киральных материалов (п.7а, [2] с. 76-76).
16. Микрополосковые антенны на подложках из полосно-замирающих материалов (п.7а, [2] с. 76-77).
17. Активные микрополосковые антенны (п.7а, [2] с. 77-81).
18. Способы сканирования и задачи, решаемые с помощью антенных решеток (п.7б, [5] с. 94-96).
19. Фазированные антенные решетки (п.7б, [5] с. 96-102).
20. Управление фазированием сканирующих антенных решеток (п.7б, [5] с. 102-105).
21. Многолучевые антенные решетки (п.7б, [5] с. 105-111).
22. Антенные решетки с частотным сканированием (п.7б, [5] с. 111-115).

6.3. Самостоятельная работа студентов (СРС).

6.3.1. СРС с лекционными материалами.

Самостоятельная работа включает домашнюю работу с лекционными материалами, которые входят в состав учебно-методического комплекса, сопровождающего дисциплину. Эффективному характеру самостоятельной работы способствуют еженедельные консультации. Основное внимание в курсе лекций уделено усвоению теоретических понятий, расчетных методов и принципов конструирования современных пассивных и активных микроволновых устройств СВЧ на основе планарных линий передачи, включая подготовку к пользованию существующими и разрабатываемыми системами автоматизированного проектирования. Необходимые дополнительные пояснения имеют индивидуальный характер и вносятся в конспект непосредственно при СРС с лекционными материалами.

Оценка эффективности СРС по материалам курса проводится три раза за семестр в процессе рейтинг-контроля по прилагаемым структурированным вопросам .

Вопросы для СРС.

1. Микрополосковая линии для (п.7а,[1] с. 6-24).
2. Щелевая и копланарная линии (п.7а, [1] с. 24-28).
3. Связанные линии передачи (п.7а, [1] с. 28-31).
4. Индуктивности, ёмкости, резисторы, согласованные нагрузки для интегральных схем СВЧ (п.7а, [1] с. 40-46).

5. Резонаторы на микрополосковых, щелевых и диэлектрических структурах (п.7а, [1] с. 47-53).
6. Устройства возбуждения линий передачи, переходы, короткозамыкатели (п.7а, [1] с. 53-56).
7. Направленные ответвители и мосты (п.7а, [1] с. 57-67).
8. Делители и сумматоры мощности (п.7а, [1] с. 68-75).
9. Устройства управления фазой и амплитудой сигнала (п.7а, [1] с. 76-86).
10. Фильтры СВЧ (п.7а, [1] с. 87-100).
11. Общая характеристика CST Microwave Studio(п.7а, [2] с. 57-67).
12. Численные методы расчета в среде CST Studio Suite(п.7а, [2] с. 68-75).
13. Моделирование СВЧ устройств и антенн в среде CST Suite(п.7а, [1] с. 76-86).
14. Бесструктурная модель транзистора СВЧ (конспект лекций (КЛ) с. 1-3).
15. Устойчивость транзисторных усилителей СВЧ (КЛ с. 1-3).
16. Режим двухстороннего согласования в транзисторных усилителях СВЧ (КЛ с. 3-9).
17. Режим фиксированного усиления в безусловно устойчивом транзисторном усилителе СВЧ (КЛ с. 11-13).
18. Режим фиксированного усиления в потенциально неустойчивом транзисторном усилителе СВЧ (КЛ с. 13-15).
19. Согласующие цепи в микрополосковом транзисторном усилителе СВЧ (КЛ с. 15-20).
20. Развязывающие и блокировочные элементы в широкополосном транзисторном усилителе СВЧ (КЛ с. 15-20).
21. Общие положения расчета СВЧ диодных преобразователей частоты (КЛ с. 22-25).
22. Свойства одноктактных СВЧ смесителей (КЛ с. 25-31).
23. Сложные схемы СВЧ смесителей (КЛ с. 31-33).
24. Преобразование частоты с подавлением зеркального канала (КЛ с. 34-38).
25. Гетеродины СВЧ преобразователей частоты (КЛ с. 39-40).
26. Генераторные диоды с межзащитным переносом элементов (МПД): эквивалентная схема и инженерный метод определения параметров (КЛ с. 57-56).
27. Расчет электронного режима и полного сопротивления генераторного диода (КЛ с. 58-59).
28. Расчет цепей подавления паразитных НЧ колебаний в диодных генераторах СВЧ (КЛ с. 59-60).
29. Конструирование микрополосковых диодных генераторов СВЧ (КЛ с. 60-62).
30. Перестройка частоты в диодных генераторах СВЧ (КЛ с. 63-64).
31. Модель длинной линии для прямоугольной микрополосковой антенны (п. 7а, [3] с. 5-7).

32. Микрополосковые антенны, возбуждаемые микрополосковой линией (п. 7а, [3] с. 7-8).
33. Резонаторная модель микрополосковой линии (п. 7а, [3] с. 8-11).
34. САПР-модель прямоугольной микрополосковой антенны, возбуждаемой коаксиальной линией (п. 7а, [3] с. 11-14).
35. САПР-модель связанной микрополосковой антенны (п. 7а, [3] с. 14-16).
36. САПР-модель электромагнитно-связанной микрополосковой антенны (п. 7а, [3] с. 16-19).
37. Электродинамическая модель, учитывающая основные процессы в структуре антенны (п. 7а, [3] с. 19-20).
38. Электродинамическая модель дисковой микрополосковой антенны (п. 7а, [3] с. 23-26).
39. Порядок разработки электромагнитно-связанной микрополосковой антенны на двухслойных подложках (п. 7а, [3] с. 26-27).
40. Влияние конечных размеров экранной плоскости и подложки (п. 7а, [3] с. 31-34).
41. Увеличение полосы широкополосных антенн добавлением пассивных излучателей (п.7а, [3] с. 35-40).
42. Частотно-независимые и логопериодические антенны (п.7а, [3] с. 40-42).
43. Широкополосные микрополосковые антенны с пластинами сложной формы (п.7а, [3] с. 42-45).
44. Широкополосные микрополосковые антенны с согласующими цепями (п.7а, [3] с. 45-49).
45. Микрополосковые антенны с пространственными переходами (п.7а, [3] с. 49-51).
46. Вибраторные и щелевые микрополосковые антенны (п.7а, [3] с. 51-54).
47. Микрополосковые антенны с круговой поляризацией (п.7а, [3] с. 54-58).
48. Щелевые микрополосковые антенны КВЧ диапазона (п.7а, [3] с. 59-61).
49. Логопериодические микрополосковые антенны КВЧ диапазона (п.7а, [3] с. 61-61).
50. Антенны КВЧ диапазона на основе Френелевских зонных пластин (п.7а, [3] с. 61-62).
51. Диэлектрические резонаторные антенны (п.7а, [2] с. 61-67).
52. Широкополосные диэлектрические резонаторные антенны (п.7а, [2] с. 69-71).
53. Микрополосковые антенны с пластинами из высокотемпературных сверхпроводящих материалов (п.7а, [2] с. 71-74).
54. Микрополосковые антенны на ферритовых подложках (п.7а, [2] с. 74-76).
55. Микрополосковые антенны на подложках из киральных материалов (п.7а, [2] с. 76-76).

56. Микрополосковые антенны на подложках из полосно-замирающих материалов (п.7а, [2] с. 76-77).
57. Активные микрополосковые антенны (п.7а, [2] с. 77-81).
58. Способы сканирования и задачи, решаемые с помощью антенных решеток (п.7б, [5] с. 94-96).
59. Фазированные антенные решетки (п.7б, [5] с. 96-102).
60. Управление фазированием сканирующих антенных решеток (п.7б, [5] с. 102-105).
61. Многолучевые антенные решетки (п.7б, [5] с. 105-111).
62. Антенные решетки с частотным сканированием (п.7б, [5] с. 111-115).

6.3.2 Расчетно-графические работы для СРС. Расчетно-графические работы являются базой для оценки степени усвоения теоретического материала и совместно с другими формами учебного процесса, учитывается в рейтинг-контроле. Для каждой из 3 РГР подготовлено 5 вариантов. Каждый вариант включает требования для разработки пассивного или активного устройства СВЧ и ссылки на основную или дополнительную литературу с изложенной методикой проектирования.

Расчетно-графическая работа № 1.

Вариант 1

1. Рассчитать ступенчатый фильтр гармоник, имеющий следующие параметры: полоса пропускания $V_{\text{п}} \geq 40\%$; КСВ в полосе пропускания < 1.4 ; число заграждаемых гармоник $P=3$ (вторая, третья, четвертая, т.е. $\nu = 4$); уровень заграждения гармоник $a_3 \geq 30$ дБ; центральная длина волны полосы пропускания $\lambda_0 = 30$ см ($f_0 = 1$ ГГц). Фильтр должен быть реализован на СПЛ ($\epsilon = 2.6$; $tg\delta = 0.001$; $b = 4$ мм; $t = 0.05$ мм). Волновое сопротивление подводящих линий $\tilde{\rho} = 50$ Ом, (п.7а, [1] с. 71-97).
2. Рассчитать шлейфовый фильтр гармоник, имеющий следующие параметры: полоса пропускания $V_{\text{п}} \geq 7\%$, КСВ в полосе пропускания < 1.4 ; число заграждаемых гармоник $P=3$ (вторая, третья, четвертая, т.е. $\nu = 4$); уровень заграждения гармоник $a_3 \geq 30$ дБ; центральная длина волны полосы пропускания $\lambda_0 = 42.86$ см ($f_0 = 0.7$ ГГц). Фильтр должен быть реализован на СПЛ ($\epsilon = 2.6$; $tg\delta = 0.001$; $b = 4$ мм; $t = 0.05$ мм). Волновое сопротивление подводящих линий $\tilde{\rho} = 50$ Ом, (п.7а, [1] с. 97-104).
3. Рассчитать чебышевский ступенчатый переход, обеспечивающий в полосе пропускания: $\lambda_{-n} = 12$ см, $\lambda_n = 9$ см – рассогласование $|G| \leq 0.02$. Согласуемые сопротивления: $r=75$

Ом, $\widetilde{\rho}_0 = 50$ Ом. Переход должен быть реализован на СПЛ ($\varepsilon = 2.6; tg\delta = 0.001; b = 4$ мм; $t = 0.05$ мм), (п.7а, [1] с.39-51).

4. Рассчитать трехдецибельный двухшлейфный ответвитель для работы в диапазоне: $f_{-n} = 3$ ГГц, $f_n = 4$ ГГц. Ответвитель должен быть реализован на МПЛ ($\varepsilon = 9.6; tg\delta = 0.0001; h = 1$ мм; $t = 0.05$ мм). Волновое сопротивление подводящих линий $\widetilde{\rho}_0 = 50$ Ом, (п.7а, [1] с. 75-91).

Вариант 2

1. Рассчитать ступенчатый фильтр гармоник, имеющий следующие параметры: полоса пропускания $V_{\text{п}} \geq 20\%$; КСВ в полосе пропускания < 1.3 ; число заграждаемых гармоник $P=5$ (вторая-шестая, т.е. $\nu = 6$); уровень заграждения гармоник $a_3 \geq 40$ дБ; центральная длина волны полосы пропускания $\lambda_0 = 10$ см ($f_0 = 3$ ГГц). Фильтр должен быть реализован на СПЛ ($\varepsilon = 2.6$; $tg\delta = 0.001$; $b = 4$ мм; $t = 0.05$ мм). Волновое сопротивление подводящих линий $\tilde{\rho} = 50$ Ом, (п.7а, [1] с. 71-97).
2. Рассчитать шлейфовый фильтр гармоник, имеющий следующие параметры: полоса пропускания $V_{\text{п}} \geq 10\%$, КСВ в полосе пропускания < 1.2 ; число заграждаемых гармоник $P=3$ (вторая, третья, четвертая, т.е. $\nu = 4$); уровень заграждения гармоник $a_3 \geq 20$ дБ; центральная длина волны в полосе пропускания $\lambda_0 = 30$ см ($f_0 = 1$ ГГц). Фильтр должен быть реализован на МПЛ ($\varepsilon = 9.6$; $tg\delta = 0.0001$; $h = 4$ мм; $t = 0.05$ мм). Волновое сопротивление подводящих линий $\tilde{\rho}_0 = 50$ Ом, (п.7а, [1] с. 97-134).
3. Рассчитать ступенчатый переход с максимально плоской частотной характеристикой, обеспечивающий в полосе пропускания: $\lambda_{-n} = 12$ см, $\lambda_n = 9$ см – рассогласование $|\Gamma| \leq 0.05$. Согласуемые сопротивления: $r=75$ Ом, $\tilde{\rho}_0 = 50$ Ом. Переход должен быть реализован на СПЛ ($\varepsilon = 2.6$; $tg\delta = 0.001$; $b = 4$ мм; $t = 0.05$ мм), (п.7а, [1] с. 70-98).
4. Рассчитать трехдецибелльный трехшлейфный ответвитель для работы в диапазоне: $f_{-n} = 3$ ГГц, $f_n = 4$ ГГц. Ответвитель должен быть реализован на МПЛ ($\varepsilon = 9.6$; $tg\delta = 0.0001$; $h = 1$ мм; $t = 0.05$ мм). Волновое сопротивление подводящих линий $\tilde{\rho}_0 = 50$ Ом, (п.7а, [1] с. 75-91).

Вариант 3

1. Рассчитать ступенчатый фильтр гармоник, имеющий следующие параметры: полоса пропускания $V_{\text{п}} \geq 30\%$; КСВ в полосе пропускания < 1.5 ; число заграждаемых гармоник $P=3$ (четвертая, пятая, шестая, т.е. $\nu = 6$); уровень заграждения гармоник $a_3 \geq 60$ дБ; центральная частота полосы пропускания $f_0 = 0.7$ ГГц ($\lambda_0 = 42.86$ см). Фильтр должен быть реализован на СПЛ ($\varepsilon = 2.6$; $tg\delta = 0.001$; $b = 4$ мм; $t = 0.05$ мм). Волновое сопротивление подводящих линий $\tilde{\rho}_0 = 50$ Ом, (п.7а, [1] с. 71-97).
2. Рассчитать шлейфовый фильтр гармоник, имеющий следующие параметры: полоса пропускания $V_{\text{п}} \geq 15\%$, КСВ в полосе пропускания < 1.35 ; число заграждаемых гармоник $P=3$ (вторая, третья, четвертая, т.е. $\nu = 4$); уровень заграждения гармоник $a_3 \geq 40$ дБ; центральная длина волны в полосе пропускания $\lambda_0 = 30$ см ($f_0 = 1$ ГГц). Фильтр должен быть реализован на МПЛ ($\varepsilon = 9.6$; $tg\delta = 0.0001$; $h = 1$ мм; $t = 0.05$ мм). Волновое сопротивление подводящих линий $\tilde{\rho}_0 = 50$ Ом, (п.7а, [1] с. 97-134).
3. Рассчитать чебышевский ступенчатый переход, обеспечивающий в полосе пропускания: $\lambda_{-n} = 10$ см, $\lambda_n = 5$ см – рассогласование $|\Gamma| \leq 0.05$. Согласуемые сопротивления: $r=100$ Ом, $\tilde{\rho}_0 = 50$ Ом. Переход должен быть реализован на СПЛ ($\varepsilon = 2.6$; $tg\delta = 0.001$; $b = 4$ мм; $t = 0.05$ мм), (п.7а, [1] с. 70-98).
4. Рассчитать гибридное кольцо с равным делением мощности для работы в диапазоне: $f_{-n} = 3$ ГГц, $f_n = 4$ ГГц. Ответвитель должен быть реализован на МПЛ ($\varepsilon = 9.6$; $tg\delta = 0.0001$; $h = 1$ мм; $t = 0.05$ мм). Волновое сопротивление подводящих линий $\tilde{\rho}_0 = 50$ Ом, (п.7а, [1] с. 75-91).

Вариант 4

1. Рассчитать ступенчатый фильтр гармоник для подавления побочных излучений, удовлетворяющий следующим техническим условиям : полоса пропускания $V_{\text{п}} \geq 20\%$;КСВ в полосе пропускания <1.3 ;полоса подавления побочных излучений $f_{31} - f_{32} = 1.3f_2 - 4.5f_2$, где f_{31}, f_{32} –соответственно граничные частоты полосы заграждения, f_2 -наивысшая частота полосы пропускания; уровень заграждения гармоник $a_3 \geq 40$ дБ ; центральная частота полосы пропускания $f_0 = 0.7$ ГГц ($\lambda_0 = 42.86$ см). Фильтр должен быть реализован на СПЛ ($\varepsilon = 2.6; tg\delta = 0.001; b = 4$ мм; $t = 0.05$ мм). Волновое сопротивление подводящих линий $\tilde{\rho} = 50$ Ом, (п.7а, [1] с. 71-97).
2. Рассчитать шлейфовый фильтр гармоник, имеющий следующие параметры: полоса пропускания $V_{\text{п}} \geq 15\%$, КСВ в полосе пропускания <1.4 ;число заграждаемых гармоник $P=5$ (вторая, третья, четвертая, пятая, шестая т.е. $\nu = 6$) ; уровень заграждения гармоник $a_3 \geq 40$ дБ ; центральная длина волны в полосе пропускания $\lambda_0 = 42.86$ см ($f_0 = 0.7$ ГГц). Фильтр должен быть реализован на СПЛ ($\varepsilon = 2.6; tg\delta = 0.001; b = 4$ мм; $t = 0.05$ мм). Волновое сопротивление подводящих линий $\tilde{\rho}_0 = 50$ Ом, (п.7а, [1] с. 97-134).
3. Рассчитать ступенчатый переход с максимально плоской частотной характеристикой, обеспечивающий в полосе пропускания: $\lambda_{-n} = 10$ см , $\lambda_n = 5$ см – рассогласование $|G| \leq 0.05$. Согласуемые сопротивления: $r=100$ Ом, $\tilde{\rho}_0 = 50$ Ом. Переход должен быть реализован на СПЛ ($\varepsilon = 2.6; tg\delta = 0.001; b = 4$ мм; $t = 0.05$ мм), (п.7а, [1] с. 70-98).
4. Рассчитать направленный ответвитель на связанных МПЛ ($\varepsilon = 9.6; tg\delta = 0.0001; h = 1$ мм; $t = 0.05$ мм)для работы в диапазоне: $f_{-n} = 3$ ГГц, $f_n = 4$ ГГц. Номинальное значение переходного ослабления $C_0 = -15$ дБ. Волновое сопротивление подводящих линий $\tilde{\rho}_0 = 50$ Ом, (п.7а, [1] с. 71-94).

Вариант 5

1. Рассчитать ступенчатый фильтр гармоник, имеющий следующие параметры: полоса пропускания $V_{\text{п}} \geq 40\%$; КСВ в полосе пропускания < 1.4 ; число заграждаемых гармоник $P=3$ (вторая, третья, четвертая, т.е. $\nu = 4$); уровень заграждения гармоник $a_3 \geq 30$ дБ; центральная длина волны полосы пропускания $\lambda_0 = 30$ см ($f_0 = 1$ ГГц). Фильтр должен быть реализован на СПЛ ($\varepsilon = 2.6$; $tg\delta = 0.001$; $b = 4$ мм; $t = 0.05$ мм). Волновое сопротивление подводящих линий $\tilde{\rho} = 50$ Ом, (п.7а, [1] с. 71-97).
2. Рассчитать шлейфовый фильтр гармоник, имеющий следующие параметры: полоса пропускания $V_{\text{п}} \geq 10\%$, КСВ в полосе пропускания < 1.35 ; число заграждаемых гармоник $P=3$ (вторая, третья, четвертая т.е. $\nu = 4$); уровень заграждения гармоник $a_3 \geq 60$ дБ. Минимальная ширина полоскового проводника в звене $W \geq 0.1$ мм. Центральная длина волны полосы пропускания $\lambda_0 = 30$ см ($f_0 = 1$ ГГц). Фильтр должен быть реализован на МПЛ ($\varepsilon = 9.6$; $tg\delta = 0.0001$; $h = 1$ мм; $t = 0.05$ мм). Волновое сопротивление входов $\tilde{\rho}_0 = 50$ Ом, (п.7а, [1] с. 97-134).
3. Рассчитать чебышевский ступенчатый переход, обеспечивающий в полосе пропускания: $\lambda_{-n} = 15$ см, $\lambda_n = 7.5$ см – рассогласование $|\Gamma| \leq 0.02$. Согласуемые сопротивления: $r=80$ Ом, $\tilde{\rho}_0 = 50$ Ом. Переход должен быть реализован на МПЛ ($\varepsilon = 9.6$; $tg\delta = 0.0001$; $h = 1$ мм; $t = 0.05$ мм), (п.7а, [1] с. 70-98).
4. Рассчитать одноступенчатый трехдецибелльный кольцевой делитель мощности для работы в диапазоне: $f_{-n} = 3$ ГГц, $f_n = 4$ ГГц. Делитель должен быть реализован на МПЛ ($\varepsilon = 9.6$; $tg\delta = 0.0001$; $h = 1$ мм; $t = 0.05$ мм). Волновое сопротивление подводящих линий $\tilde{\rho}_0 = 50$ Ом, (п.7а, [1] с. 68-76).

Расчетно-графическая работа № 2

Вариант 1

1. Рассчитать проходной фазовращатель на двухшлейном трёхдецибельной мосте, имеющий следующие параметры: рабочий диапазон частот 3.4-3.55 ГГц, фазовый сдвиг на средней частоте $\Delta\varphi=45^\circ$, КСВ в диапазоне частот <1.5 ; тип диода 2A503A, волновое сопротивление подводящих линий $\widetilde{\rho}_0 = 50$ Ом. Фазовращатель должен быть реализован на МПЛ ($\varepsilon = 9.6$; $tg\delta = 0.0001$; $h = 1$ мм; $t = 0.05$ мм), (п.7а, [4]).
2. Рассчитать ограничитель мощности с параметрами: рабочая частота $f_0 = 1500$ МГц, коммутируемая импульсная мощность 80 Вт; длительность импульса $\tau_{и} = 10^{-5}$ с, период повторения импульсов $\tau_{п} = 10^{-3}$ с., потери заграждения $L_3 > 30$ дБ, потери пропускания $L_{п} < 0.5$ дБ, порог ограничения по непрерывной мощности $P_{пор.} > 10$ мВт,. Тип используемого диода 2A517A. Ограничитель должен быть реализован на МПЛ ($\varepsilon = 9.6$; $tg\delta = 0.0001$; $h = 1$ мм; $t = 0.05$ мм). Волновое сопротивление подводящих линий $\widetilde{\rho}_0 = 50$ Ом. (п.7а, [4]).
3. Рассчитать двухканальный переключатель последовательного типа, имеющий следующие параметры: рабочий диапазон частот 3.4-3.55 ГГц, КСВ в диапазоне частот <1.5 , вносимое ослабление открытого канала $L_{ок} < 1$ дБ, вносимое ослабление закрытого канала $L_{зк} > 20$ дБ, волновое сопротивление подводящих линий $\widetilde{\rho}_0 = 50$ Ом. Тип используемого диода 2A503A. Переключатель должен быть реализован на МПЛ ($\varepsilon = 9.6$; $tg\delta = 0.0001$; $h = 1$ мм; $t = 0.05$ мм), (п.7а, [4]).
4. Рассчитать транзисторный усилитель СВЧ в интегральном исполнении. Тип используемого транзистора 3П326-А. Рабочий диапазон частот 1-3 ГГц. Интегральная схема должна быть реализован на основе МПЛ ($\varepsilon = 9.6$; $tg\delta = 0.0001$; $h = 1$ мм; $t = 0.05$ мм), (п.7а, [4]).

Вариант 2

1. Рассчитать проходной шлейфный фазовращатель, имеющий следующие параметры: рабочий диапазон частот 3.4-3.55 ГГц, фазовый сдвиг на средней частоте $\Delta\varphi=22,5^\circ$, КСВ в диапазоне частот <1.5 ; тип диода 2A503A, волновое сопротивление подводящих линий $\widetilde{\rho}_0 = 50$ Ом. Фазовращатель должен быть реализован на МПЛ ($\varepsilon = 9.6$; $tg\delta = 0.0001$; $h = 1$ мм; $t = 0.05$ мм), (п.7а, [4]).
2. Рассчитать ограничитель мощности с параметрами: рабочая частота $f_0 = 2$ ГГц, коммутируемая импульсная мощность 80 Вт; длительность импульса $\tau_{\text{и}} = 1,5 \cdot 10^{-5}$ с, период повторения импульсов $\tau_{\text{п}} = 10^{-3}$ с., потери заграждения $L_3 > 40$ дБ, потери пропускания $L_{\text{п}} < 1$ дБ, порог ограничения по непрерывной мощности $P_{\text{пор.}} > 15$ мВт. Тип используемого диода 2A517A. Ограничитель должен быть реализован на МПЛ ($\varepsilon = 9.6$; $tg\delta = 0.0001$; $h = 1$ мм; $t = 0.05$ мм). Волновое сопротивление подводящих линий $\widetilde{\rho}_0 = 50$ Ом. (п.7а, [4]).
3. Рассчитать двухканальный переключатель параллельного типа, имеющий следующие параметры: рабочий диапазон частот 3.4-3.55 ГГц, КСВ в диапазоне частот <1.5 , вносимое ослабление открытого канала $L_{\text{ок}} < 1$ дБ, вносимое ослабление закрытого канала $L_{\text{зк}} > 20$ дБ, волновое сопротивление подводящих линий $\widetilde{\rho}_0 = 50$ Ом. Тип используемого диода 2A503A. Переключатель должен быть реализован на МПЛ ($\varepsilon = 9.6$; $tg\delta = 0.0001$; $h = 1$ мм; $t = 0.05$ мм), (п.7а, [4]).
4. Рассчитать транзисторный усилитель СВЧ в интегральном исполнении. Тип используемого транзистора 3П326-А. Рабочий диапазон частот 2-4 ГГц. Интегральная схема должна быть реализован на основе МПЛ ($\varepsilon = 9.6$; $tg\delta = 0.0001$; $h = 1$ мм; $t = 0.05$ мм), (п.7а, [1],[4]).

Вариант 3

1. Рассчитать проходной фазовращатель на переключаемых линиях, имеющий следующие параметры: рабочий диапазон частот 3.4-3.55 ГГц, фазовый сдвиг на средней частоте $\Delta\varphi=90^\circ$, КСВ в диапазоне частот <1.5 ; тип диода 2A503A, волновое сопротивление подводящих линий $\widetilde{\rho}_0 = 50$ Ом. Фазовращатель должен быть реализован на МПЛ ($\varepsilon = 9.6$; $tg\delta = 0.0001$; $h = 1$ мм; $t = 0.05$ мм), (п.7а, [4]).
2. Рассчитать ограничитель мощности с параметрами: рабочая частота $f_0 = 2$ ГГц, коммутируемая импульсная мощность 80 Вт; длительность импульса $\tau_{и} = 1,5 \cdot 10^{-5}$ с, период повторения импульсов $\tau_{п} = 10^{-3}$ с., потери заграждения $L_3 > 40$ дБ, потери пропускания $L_{п} < 1$ дБ, порог ограничения по непрерывной мощности $P_{пор.} > 15$ мВт., Тип используемого диода 2A517A. Ограничитель должен быть реализован на МПЛ ($\varepsilon = 9.6$; $tg\delta = 0.0001$; $h = 1$ мм; $t = 0.05$ мм). Волновое сопротивление подводящих линий $\widetilde{\rho}_0 = 50$ Ом. (п.7а, [4]).
3. Рассчитать двухканальный переключатель параллельно-последовательного типа, имеющий следующие параметры: рабочий диапазон частот 3.4-3.55 ГГц, КСВ в диапазоне частот <1.5 , вносимое ослабление открытого канала $L_{ок} < 1$ дБ, вносимое ослабление закрытого канала $L_{зк} > 20$ дБ, волновое сопротивление подводящих линий $\widetilde{\rho}_0 = 50$ Ом. Тип используемого диода 2A503A. Переключатель должен быть реализован на МПЛ ($\varepsilon = 9.6$; $tg\delta = 0.0001$; $h = 1$ мм; $t = 0.05$ мм), (п.7а,[4]).
4. Рассчитать транзисторный усилитель СВЧ в интегральном исполнении. Тип используемого транзистора 3П326-А. Рабочий диапазон частот 3-5 ГГц. Интегральная схема должна быть реализован на основе МПЛ ($\varepsilon = 9.6$; $tg\delta = 0.0001$; $h = 1$ мм; $t = 0.05$ мм), (п.7а, [1],[4]).

Вариант 4

1. Рассчитать петлевой фазовращатель, имеющий следующие параметры: рабочий диапазон частот 3.4-3.55 ГГц, фазовый сдвиг на средней частоте $\Delta\varphi=180^\circ$, КСВ в диапазоне частот <1.5 ; тип диода 2A503A, волновое сопротивление подводящих линий $\widetilde{\rho}_0 = 50$ Ом. Фазовращатель должен быть реализован на МПЛ ($\varepsilon = 9.6; tg\delta = 0.0001; h = 1$ мм; $t = 0.05$ мм), (п.7а, [4]).
2. Рассчитать ограничитель мощности с параметрами: рабочая частота $f_0 = 3$ ГГц, коммутируемая импульсная мощность 80 Вт; длительность импульса $\tau_{\text{и}} = 2,5 \cdot 10^{-5}$ с, период повторения импульсов $\tau_{\text{п}} = 10^{-3}$ с., потери заграждения $L_3 > 60$ дБ, потери пропускания $L_{\text{п}} < 1,5$ дБ, порог ограничения по непрерывной мощности $P_{\text{пор.}} > 25$ Вт,. Тип используемого диода 2A517A. Ограничитель должен быть реализован на МПЛ ($\varepsilon = 9.6; tg\delta = 0.0001; h = 1$ мм; $t = 0.05$ мм). Волновое сопротивление подводящих линий $\widetilde{\rho}_0 = 50$ Ом. (п.7а, [4]).
3. Рассчитать двухканальный переключатель с четвертьволновыми коммутируемыми шлейфами, имеющий следующие параметры: рабочий диапазон частот 3.4-3.55 ГГц, КСВ в диапазоне частот <1.5 , вносимое ослабление открытого канала $L_{\text{ок}} < 1$ дБ, вносимое ослабление закрытого канала $L_{\text{зк}} > 20$ дБ, волновое сопротивление подводящих линий $\widetilde{\rho}_0 = 50$ Ом. Тип используемого диода 2A503A. Переключатель должен быть реализован на МПЛ ($\varepsilon = 9.6; tg\delta = 0.0001; h = 1$ мм; $t = 0.05$ мм), (п.7а,[4]).
4. Рассчитать транзисторный усилитель СВЧ в интегральном исполнении. Тип используемого транзистора 3П326-А. Рабочий диапазон частот 4-6 ГГц. Интегральная схема должна быть реализован на основе МПЛ ($\varepsilon = 9.6; tg\delta = 0.0001; h = 1$ мм; $t = 0.05$ мм), (п.7а, [1],[4]).

Вариант 5

1. Рассчитать проходной фазовращатель, имеющий следующие параметры: рабочий диапазон частот 3.4-3.55 ГГц, фазовый сдвиг на средней частоте $\Delta\varphi=45^\circ$, КСВ в диапазоне частот <1.5 ; тип диода 2A503A, волновое сопротивление подводящих линий $\widetilde{\rho}_0 = 50$ Ом. Фазовращатель должен быть реализован на МПЛ ($\varepsilon = 9.6; tg\delta = 0.0001; h = 1$ мм; $t = 0.05$ мм), (п.7а, [4]).
2. Рассчитать ограничитель мощности с параметрами: рабочая частота $f_0 = 3.5$ ГГц, коммутируемая импульсная мощность 80 Вт; длительность импульса $\tau_{и} = 3 \cdot 10^{-5}$ с, период повторения импульсов $\tau_{п} = 10^{-3}$ с., потери заграждения $L_3 > 65$ дБ, потери пропускания $L_{п} < 2$ дБ, порог ограничения по непрерывной мощности $P_{пор.} > 25$ мВт., Тип используемого диода 2A517A. Ограничитель должен быть реализован на МПЛ ($\varepsilon = 9.6; tg\delta = 0.0001; h = 1$ мм; $t = 0.05$ мм). Волновое сопротивление подводящих линий $\widetilde{\rho}_0 = 50$ Ом. (п.7а, [4]).
3. Рассчитать двухканальный переключатель параллельного типа с четвертьволновыми коммутируемыми шлейфами, имеющий следующие параметры: рабочий диапазон частот 3.4-3.55 ГГц, КСВ в диапазоне частот <1.5 , вносимое ослабление открытого канала $L_{ок} < 1$ дБ, вносимое ослабление закрытого канала $L_{зк} > 20$ дБ, волновое сопротивление подводящих линий $\widetilde{\rho}_0 = 50$ Ом. Тип используемого диода 2A503A. Переключатель должен быть реализован на МПЛ ($\varepsilon = 9.6; tg\delta = 0.0001; h = 1$ мм; $t = 0.05$ мм), (п.7а,[4]).
4. Рассчитать транзисторный усилитель СВЧ в интегральном исполнении. Тип используемого транзистора 3П326-А. Рабочий диапазон частот 5-7 ГГц. Интегральная схема должна быть реализован на основе МПЛ ($\varepsilon = 9.6; tg\delta = 0.0001; h = 1$ мм; $t = 0.05$ мм), (п.7а, [1],[4]).

Расчетно-графическая работа № 3

Вариант 1

1. Рассчитать балансный диодный смеситель частоты в интегральном исполнении. Используемый режим – широкополосный. Частота сигнала $f_c = 12$ ГГц; промежуточная частота $f_{\text{ПР}} = 1.5$ ГГц; КСВ по входу и выходу < 1.5 ; полоса пропускания $> 20\%$; сопротивление источника сигнала и нагрузки 50 Ом ; потери преобразования $L_{\text{п}} < 6$ дБ. Смеситель должен обеспечивать максимальное подавление комбинационных составляющих при мощности гетеродина $P_r < 10$ мВт. Интегральная схема должна быть реализована на основе МПЛ ($\varepsilon = 9.6$; $tg\delta = 0.0001$; $h = 1$ мм; $t = 0.05$ мм), (п.7а, [4]).
2. Привести варианты и описать свойства планарных антенн с круговой поляризацией, (п.7а, [3]).
3. Описать свойства и привести пример конструкции планарных антенн с подвешенными пластинами и пространственными переходами, (п.7а, [3]).
4. Рассмотреть свойства и особенности конструирования планарных антенн с пластинами из высокотемпературных сверхпроводящих материалов, (п.7а, [3]).

Вариант 2

1. Рассчитать балансный диодный смеситель частоты в интегральном исполнении. Используемый режим – узкополосный. Частота сигнала $f_c = 12$ ГГц; промежуточная частота $f_{\text{ПР}} = 1.5$ ГГц; КСВ по входу и выходу < 1.5 ; полоса пропускания $> 10\%$; сопротивление источника сигнала и нагрузки 50 Ом ; потери преобразования $L_{\text{п}} < 6$ дБ. Смеситель должен обеспечивать максимальное подавление комбинационных составляющих при мощности гетеродина $P_r < 1 \text{ мВт}$. Интегральная схема должна быть реализован на основе МПЛ ($\varepsilon = 9.6$; $tg\delta = 0.0001$; $h = 1 \text{ мм}$; $t = 0.05 \text{ мм}$), (п.7а, [4]).
2. Рассмотреть вопрос увеличения полосы планарных антенн добавлением пассивных излучателей, (п.7а, [3]).
3. Рассмотреть общие принципы конструирования диэлектрических резонаторных антенн, (п.7а, [3]).
4. Рассмотреть свойства и особенности конструирования планарных антенн на ферритовых подложках, (п.7а, [3]).

Вариант 3

1. Рассчитать балансный диодный смеситель частоты в интегральном исполнении. Используемый режим – широкополосный. Частота сигнала $f_c = 5$ ГГц; промежуточная частота $f_{\text{ПР}} = 100$ МГц; КСВ по входу и выходу < 1.5 ; полоса пропускания $> 20\%$; сопротивление источника сигнала и нагрузки 50 Ом ; потери преобразования $L_{\text{п}} < 6$ дБ. Смеситель должен обеспечивать максимальное подавление комбинационных составляющих при мощности гетеродина $P_{\text{г}} < 3 \text{ мВт}$. Интегральная схема должна быть реализована на основе МПЛ ($\epsilon = 9.6$; $\text{tg} \delta = 0.0001$; $h = 1 \text{ мм}$; $t = 0.05 \text{ мм}$), (п.7а, [4]).
2. Привести варианты и описать свойства частотно-независимых и логопериодических планарных антенн, (п.7а, [3]).
3. Рассмотреть особенности конструирования цилиндрических и прямоугольных резонаторных антенн, (п.7а, [3]).
4. Рассмотреть свойства и особенности конструирования планарных антенн на подложках из киральных материалов, (п.7а, [3]).

Вариант 4

1. Рассчитать балансый диодный смеситель в интегральном исполнении. Используемый режим – узкополосный. Частота сигнала $f_c = 5$ ГГц; промежуточная частота $f_{\text{ПР}} = 100$ МГц; КСВ по входу и выходу < 1.5 ; полоса пропускания $> 10\%$; сопротивление источника сигнала и нагрузки 50 Ом ; потери преобразования $L_{\text{п}} < 3$ дБ. Смеситель должен обеспечивать максимальное подавление комбинационных составляющих при мощности гетеродина $P_{\text{г}} < 1$ мВт. Интегральная схема должна быть реализован на основе МПЛ ($\varepsilon = 9.6$; $\text{tg}\delta = 0.0001$; $h = 1$ мм; $t = 0.05$ мм), (п.7а, [4]).
2. Привести варианты и описать свойства широкополосных планарных антенн с пластинами сложной формы, (п.7а, [3]).
3. Рассмотреть общие принципы и особенности конструирования диэлектрических резонаторных антенн с круговой поляризацией, (п.7а, [3]).
4. Рассмотреть свойства и особенности конструирования планарных антенн на подложках из электромагнитных полоснозагораждающих материалов, (п.7а, [3]).

Вариант 5

1. Рассчитать балансный диодный смеситель в интегральном исполнении. Используемый режим – широкополосный. Частота сигнала $f_c = 7.5$ ГГц; промежуточная частота $f_{\text{пр}} = 100$ МГц; КСВ по входу и выходу < 1.5 ; полоса пропускания $> 20\%$; сопротивление источника сигнала и нагрузки 50 Ом ; потери преобразования $L_{\text{п}} < 6$ дБ. Смеситель должен обеспечивать максимальное подавление комбинационных составляющих при мощности гетеродина $P_{\text{г}} < 5$ мВт. Интегральная схема должна быть реализована на основе МПЛ ($\varepsilon = 9.6$; $tg\delta = 0.0001$; $h = 1$ мм; $t = 0.05$ мм), (п.7а, [4]).
2. Описать методику и привести пример расширения полосы планарных излучателей с помощью согласующих цепей, (п.7б, [5]).
3. Рассмотреть общие принципы и особенности конструирования диэлектрических антенн с увеличенной полосой частот, (п.7б, [5]).
4. Привести варианты и пояснить принципы действия SMART-антенны с азимутальным сканированием, (п.7б, [5]).

7.УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ А и УМЭТ в РФ

а) Основная литература:

1. Веселов Г.И. и др. Микроэлектронные устройства СВЧ: Уч. пособие для радиотехнических специальностей вузов \ Под ред. Г.И. Веселова. – М.: Высшая школа, 2015, -280 с. (Библиотека ВлГУ)
2. Курушин А.А., Пластиков А.Н. Проектирование СВЧ устройств в среде CST Microwave Studio.-М. Издательство МЭИ, 2012, -155с.
3. Моделирование антенн в режиме излучения и рассеяния в пакетах CST STUDIO, HFSS, FEKO и узкоспециализированных программах. Метод. Пособие./Юриев О.А. и др./-Минск. БГУИР. 2012.-62с.
4. Федоренко И.А.Применение пакета программ Microwave Office 2009 AWR для проектирования микрополосковых устройств СВЧ [Электронный ресурс]: учебное пособие/Федоренко И.А.,Федоркова Н.В.-Электрон.текстовые данные.-М.:Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана,2012.-60 с.

б) Дополнительная литература:

1. Технологическая оптимизация микроэлектронных устройств СВЧ: учебное пособие /А.Г. Гудков, С.А. Мешков, М.А. Синельщикова, Е.А. Скороходов. – М.: Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014.– 44 с.
2. Романовский М.Н. Интегральные устройства радиоэлектроники: учебное пособие / М.Н. Романовский. – Изд. Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012,-288с.
3. Плавский Л.Г. Интегральные устройства электроники: учебно-методическое пособие / Л.Г. Плавский. Новосибирск: Изд. Новосибирского Государственного технического университета, 2013. – 31 с.
4. Соколова Ж.М. Приборы и устройства СВЧ, КВЧ и ГВЧ диапазонов: учебное пособие. – Томск: Томский гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2012. – 283 с.
5. Анализ и оптимизации СВЧ-структур с помощью HFSS [электронный ресурс] /Банков С.Е., Курушин А.А., Разевиг В.Д.-М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2012.-216 с.

в) Методическая литература


1. Гаврилов В.М., Садовский Н.В., Ситнянский Б.Д. Расчёт на ЭВМ параметров полосовых линий и фазированных антенных решёток. Метод. указания по применению прикладных программ. Владимир, 2012,- 33 с.
2. Гаврилов В.М. Лабораторные работы по курсу «Проектирование МЭУ и антенн». Владимир, 2014.-100 с.
3. Гаврилов В.М. Методические указания к практическим занятиям по курсу «Проектирование МЭУ и антенн». Владимир, 2014. -15 с.
4. Гаврилов В.М. Методические указания к СРС по курсу «Проектирование МЭУ и антенн». Владимир, 2014. -16 с.
5. Гаврилов В.М. Методические указания к лекциям по курсу «Проектирование МЭУ и антенн». Владимир, 2014. -5 с.


8.МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ А и УМЭТ в РФ

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

- лабораторные макеты и измерительное оборудование специализированной лаборатории (510-3) по дисциплине А и УМЭТ в РФ: Р2-53 – 5 шт., Р4-11 – 2 шт., Г4-111Б, Г4-83, С4-27, ФК2-33;
- компьютеры со специализированным программным обеспечением (2 шт.);
- кафедральные мультимедийные средства (ауд. 301-3, 335-3);
- набор слайдов, сопровождающих лекционный материал (188 шт.).

Программа составлена в соответствии с требованием ФГОС ВО по направлению 11.03.01 Радиотехника.

Рабочую программу составил профессор кафедры РТ и РС  В.М. Гаврилов

Рецензент(ы) Генеральный директор ОАО “Владимирское КБ Радиосвязи”
 А.Е.Богданов

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РТ и РС

Протокол № 23 от 26.06.13 года.

Заведующий кафедрой РТ и РС  О.Р. Никитин

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления _____


Протокол № 10 от 24.06.13 года.

Председатель комиссии  О.Р.Никитин

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Рабочая программа одобрена на 19/20 учебный год

Протокол заседания кафедры № 14 от 26.06.19 года

Заведующий кафедрой  ОР Аверина

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

Институт информационных технологий и радиоэлектроники

Кафедра радиотехники и радиосистем

Актуализированная
рабочая программа
рассмотрена и одобрена
на заседании кафедры
протокол № ____ от ____ 2019 г.

Заведующий кафедрой

(подпись, ФИО)

Актуализация рабочей программы дисциплины

(наименование дисциплины)

Направление подготовки

Профиль/программа подготовки

Уровень высшего образования

Форма обучения

Рабочая программа учебной дисциплины актуализирована в части рекомендуемой литературы.

Актуализация выполнена: _____
(подпись, должность, ФИО)

а) основная литература: _____ (не более 5 книг)

б) дополнительная литература: _____

в) периодические издания: _____

в) интернет-ресурсы: _____