

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

УТВЕРЖДАЮ

Проректор  
по учебно-методической работе

\_\_\_\_\_ А.А.Панфилов

« 31 » \_\_\_\_\_ 03 2015 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)
6	6/216	18	36	36	90	экзамен
Итого	6/216	18	36	36	90	экзамен

## **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 А и УМЭТ в РФ;

- индекс: Б1.В.ДВ.11;
- 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 (ОПК-5, ОПК-7, ОПК-9, ПК-1, ПК-2, ПК-6, ПК-17).

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 (ОПК-5, ОПК-7, ОПК-9, ПК-1, ПК-2, ПК-6, ПК-17).

3) Владеть:

- существующей методологией проектирования МЭУ СВЧ и антенн, в том числе с помощью современных САПР.
- типовыми методиками 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 (ОПК-5, ОПК-7, ОПК-9, ПК-1, ПК-2, ПК-6, ПК-17).

#### 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		
	Пассивные МЭУ СВЧ										
1	Линии передачи СВЧ	6	1	1	2			5	2/67		
2	Элементы и узлы интегральных схем СВЧ	6	2	1	2			5	2/50		
3	Устройства СВЧ	6	3	1	2	12		5	12/72		
4	Автоматизация проектирования устройств СВЧ	6	4	1	2			5	2/33		
	Активные МЭУ СВЧ										
5	Проектирование транзисторных усилителей СВЧ	6	5	1	2	4		5	6/54	Рейтинг-контроль № 1	
		6	6	1	2	4		5	6/100		
6	Проектирование диодных преобразователей частоты	6	7	1	2			5	4/40		
		6	8	1	2			5	2/100		
		6	9	1	2			5	2/100		
7	Проектирование диодных генераторов СВЧ	6	10	1	2			5	2/22		
		6	11	1	2			5	2/100		
	Микрополосковые и диэлектрические антенны СВЧ										
8	Методы расчета микрополосковых антенн	6	12	1	2	4		5	6/43	Рейтинг-контроль № 2	
9	Микрополосковые антенны с увеличенной полосой рабочих частот	6	13	1	2	4		5	6/40		
10	Микрополосковые антенны миллиметрового	6	14	1	2			5	2/17		

	диапазона. Диэлектрические резонаторные антенны.	6	15	1	2		5		2/100	
11	Микрополосковые антенны с пластинами и подложками из нетрадиционных материалов. Активные микрополосковые антенны	6	16	1	2		5		2/15	
		6	17	1	2		5		2/100	
12	Антенны с электрически управляемыми направленными свойствами	6	18	1	2	8	5		10/45	Рейтинг- контроль № 3
Всего				18	36	36	90		72/61	экзамен

<b>Матрица соотношения разделов дисциплины и формируемых компетенций</b>									
Раздел дисциплин	Трудоемко сть (в часах)	Компетенции							Количество компетенций
		ОПК-5	ОПК-7	ОПК-9	ПК-1	ПК-2	ПК-6	ПК-17	
1	3	+				+			2
2	3	+				+			2
3	15	+	+		+	+	+	+	6
4	3	+		+		+		+	4
5	14	+	+	+	+	+	+	+	7
6	9	+	+	+	+	+	+	+	7
7	6	+	+	+	+	+	+	+	7
8	7	+	+	+	+	+		+	6
9	7	+	+	+	+	+	+	+	7
10	6	+	+	+	+	+	+	+	7
11	6			+		+			2
12	11			+		+	+		3
Вес компетенц ий		0,17	0,14	0,15	0,12	0,10	0,20	0,12	

<b>№ п/п</b>	<b>Темы практических занятий</b>	<b>Трудоемкость (в часах)</b>
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

<b>№ п/п</b>	<b>Темы лабораторных работ</b>	<b>Трудоемкость (в часах)</b>
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

<b>№ п/п</b>	<b>Содержание РГР (номера разделов дисциплины)</b>	<b>Трудоемкость (в часах)</b>
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. Объем 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 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. Автоматизированный анализ линейных радиоэлектронных устройств с помощью программы МАКЕТ (п.7а, [3] с. 3-6).
12. Формализация расчета характеристик радиоэлектронных устройств в программе МАКЕТ (п.7а, [3] с. 6-11).
13. Входной язык программы МАКЕТ (п.7а, [3] с. 11-24).
14. Описание программы МАКЕТ и библиотека элементов (п.7а, [3] с. 24-32).
15. Бесструктурная модель транзистора СВЧ (конспект лекций (КЛ) с. 1-3).
16. Устойчивость транзисторных усилителей СВЧ (КЛ с. 1-3).
17. Режим двухстороннего согласования в транзисторных усилителях СВЧ (КЛ с. 3-9).
18. Режим фиксированного усиления в безусловно устойчивом транзисторном усилителе СВЧ (КЛ с. 11-13).
19. Режим фиксированного усиления в потенциально неустойчивом транзисторном усилителе СВЧ (КЛ с. 13-15).
20. Согласующие цепи в микрополосковом транзисторном усилителе СВЧ (КЛ с. 15-20).
21. Развязывающие и блокировочные элементы в широкополосном транзисторном усилителе СВЧ (КЛ с. 15-20).

22. Общие положения расчета СВЧ диодных преобразователей частоты (КЛ с. 22-25).
23. Свойства одноканальных СВЧ смесителей (КЛ с. 25-31).
24. Сложные схемы СВЧ смесителей (КЛ с. 31-33).
25. Преобразование частоты с подавлением зеркального канала (КЛ с. 34-38).
26. Гетеродины СВЧ преобразователей частоты (КЛ с. 39-40).
27. Генераторные диоды с межзащитным переносом элементов (МПД): эквивалентная схема и инженерный метод определения параметров (КЛ с. 57-56).
28. Расчет электронного режима и полного сопротивления генераторного диода (КЛ с. 58-59; п. 7б, [16] с. 168-170).
29. Расчет цепей подавления паразитных НЧ колебаний в диодных генераторах СВЧ (КЛ с. 59-60; п. 7б, [16] с. 89-92).
30. Конструирование микрополосковых диодных генераторов СВЧ (КЛ с. 60-62; п. 7б, [16] с. 104-108).
31. Перестройка частоты в диодных генераторах СВЧ (КЛ с. 63-64; п. 7б, [16] с. 120-123).
32. Модель длинной линии для прямоугольной микрополосковой антенны (п. 7б, [6] с. 5-7).
33. Микрополосковые антенны, возбуждаемые микрополосковой линией (п. 7б, [6] с. 7-8).
34. Резонаторная модель микрополосковой линии (п. 7б, [6] с. 8-11).
35. САПР-модель прямоугольной микрополосковой антенны, возбуждаемой коаксиальной линией (п. 7б, [6] с. 11-14).
36. САПР-модель связанной микрополосковой антенны (п. 7б, [6] с. 14-16).
37. САПР-модель электромагнитно-связанной микрополосковой антенны (п. 7б, [6] с. 16-19).
38. Электродинамическая модель, учитывающая основные процессы в структуре антенны (п. 7б, [6] с. 19-20).
39. Электродинамическая модель дисковой микрополосковой антенны (п. 7б, [6] с. 23-26).
40. Порядок разработки электромагнитно-связанной микрополосковой антенны на двухслойных подложках (п. 7б, [6] с. 26-27).
41. Влияние конечных размеров экранной плоскости и подложки (п. 7б, [6] с. 31-34).
42. Увеличение полосы широкополосных антенн добавлением пассивных излучателей (п. 7б, [6] с. 35-40).
43. Частотно-независимые и логопериодические антенны (п. 7б, [6] с. 40-42).
44. Широкополосные микрополосковые антенны с пластинами сложной формы (п. 7б, [6] с. 42-45).
45. Широкополосные микрополосковые антенны с согласующими цепями (п. 7б, [6] с. 45-49).
46. Микрополосковые антенны с пространственными переходами (п. 7б, [6] с. 49-51).

47. Вибраторные и щелевые микрополосковые антенны (п.7б, [6] с. 51-54).
48. Микрополосковые антенны с круговой поляризацией (п.7б, [6] с. 54-58).
49. Щелевые микрополосковые антенны КВЧ диапазона (п.7б, [6] с. 59-61).
50. Логопериодические микрополосковые антенны КВЧ диапазона (п.7б, [6] с. 61-61).
51. Антенны КВЧ диапазона на основе Френелевских зонных пластин (п.7б, [6] с. 61-63).
52. Диэлектрические резонаторные антенны (п.7б, [6] с. 61-67).
53. Широкополосные диэлектрические резонаторные антенны (п.7б, [6] с. 69-71).
54. Микрополосковые антенны с пластинами из высокотемпературных сверхпроводящих материалов (п.7б, [6] с. 71-74).
55. Микрополосковые антенны на ферритовых подложках (п.7б, [6] с. 74-76).
56. Микрополосковые антенны на подложках из киральных материалов (п.7б, [6] с. 76-76).
57. Микрополосковые антенны на подложках из полосно-замирающих материалов (п.7б, [6] с. 76-77).
58. Активные микрополосковые антенны (п.7б, [6] с. 77-81).
59. Способы сканирования и задачи, решаемые с помощью антенных решеток (п.7б, [17] с. 394-396).
60. Фазированные антенные решетки (п.7б, [17] с. 396-402).
61. Управление фазированием сканирующих антенных решеток (п.7б, [17] с. 402-405).
62. Многолучевые антенные решетки (п.7б, [17] с. 405-411).
63. Антенные решетки с частотным сканированием (п.7б, [17] с. 411-415).

## 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. Автоматизированный анализ линейных радиоэлектронных устройств с помощью программы МАКЕТ (п.7а, [3] с. 3-6).
12. Формализация расчета характеристик радиоэлектронных устройств в программе МАКЕТ (п.7а, [3] с. 6-11).
13. Входной язык программы МАКЕТ (п.7а, [3] с. 11-24).
14. Описание программы МАКЕТ и библиотека элементов (п.7а, [3] с. 24-32).
15. Бесструктурная модель транзистора СВЧ (конспект лекций (КЛ) с. 1-3).
16. Устойчивость транзисторных усилителей СВЧ (КЛ с. 1-3).
17. Режим двухстороннего согласования в транзисторных усилителях СВЧ (КЛ с. 3-9).
18. Режим фиксированного усиления в безусловно устойчивом транзисторном усилителе СВЧ (КЛ с. 11-13).
19. Режим фиксированного усиления в потенциально неустойчивом транзисторном усилителе СВЧ (КЛ с. 13-15).
20. Согласующие цепи в микрополосковом транзисторном усилителе СВЧ (КЛ с. 15-20).
21. 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 одноканальных 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; п. 7б, [16] с. 168-170).
8. Расчет цепей подавления паразитных НЧ колебаний в диодных генераторах СВЧ (КЛ с. 59-60; п. 7б, [16] с. 89-92).
9. Конструирование микрополосковых диодных генераторов СВЧ (КЛ с. 60-62; п. 7б, [16] с. 104-108).
10. Перестройка частоты в диодных генераторах СВЧ (КЛ с. 63-64; п. 7б, [16] с. 120-123).

11. Модель длинной линии для прямоугольной микрополосковой антенны (п. 7б, [6] с. 5-7).
12. Микрополосковые антенны, возбуждаемые микрополосковой линией (п. 7б, [6] с. 7-8).
13. Резонаторная модель микрополосковой линии (п. 7б, [6] с. 8-11).
14. САПР-модель прямоугольной микрополосковой антенны, возбуждаемой коаксиальной линией (п. 7б, [6] с. 11-14).
15. САПР-модель связанной микрополосковой антенны (п. 7б, [6] с. 14-16).
16. САПР-модель электромагнитно-связанной микрополосковой антенны (п. 7б, [6] с. 16-19).
17. Электродинамическая модель, учитывающая основные процессы в структуре антенны (п. 7б, [6] с. 19-20).
18. Электродинамическая модель дисковой микрополосковой антенны (п. 7б, [6] с. 23-26).
19. Порядок разработки электромагнитно-связанной микрополосковой антенны на двухслойных подложках (п. 7б, [6] с. 26-27).
20. Влияние конечных размеров экранной плоскости и подложки (п. 7б, [6] с. 31-34).

### Рейтинг-контроль № 3

1. Увеличение полосы широкополосных антенн добавлением пассивных излучателей (п.7б, [6] с. 35-40).
2. Частотно-независимые и логопериодические антенны (п.7б, [6] с. 40-42).
3. Широкополосные микрополосковые антенны с пластинами сложной формы (п.7б, [6] с. 42-45).
4. Широкополосные микрополосковые антенны с согласующими цепями (п.7б, [6] с. 45-49).
5. Микрополосковые антенны с пространственными переходами (п.7б, [6] с. 49-51).
6. Вибраторные и щелевые микрополосковые антенны (п.7б, [6] с. 51-54).
7. Микрополосковые антенны с круговой поляризацией (п.7б, [6] с. 54-58).
8. Щелевые микрополосковые антенны КВЧ диапазона (п.7б, [6] с. 59-61).
9. Логопериодические микрополосковые антенны КВЧ диапазона (п.7б, [6] с. 61-61).
10. Антенны КВЧ диапазона на основе Френелевских зонных пластин (п.7б, [6] с. 61-63).
11. Диэлектрические резонаторные антенны (п.7б, [6] с. 61-67).

12. Широкополосные диэлектрические резонаторные антенны (п.7б, [6] с. 69-71).
13. Микрополосковые антенны с пластинами из высокотемпературных сверхпроводящих материалов (п.7б, [6] с. 71-74).
14. Микрополосковые антенны на ферритовых подложках (п.7б, [6] с. 74-76).
15. Микрополосковые антенны на подложках из киральных материалов (п.7б, [6] с. 76-76).
16. Микрополосковые антенны на подложках из полосно-замирающих материалов (п.7б, [6] с. 76-77).
17. Активные микрополосковые антенны (п.7б, [6] с. 77-81).
18. Способы сканирования и задачи, решаемые с помощью антенных решеток (п.7б, [17] с. 394-396).
19. Фазированные антенные решетки (п.7б, [17] с. 396-402).
20. Управление фазированием сканирующих антенных решеток (п.7б, [17] с. 402-405).
21. Многолучевые антенные решетки (п.7б, [17] с. 405-411).
22. Антенные решетки с частотным сканированием (п.7б, [17] с. 411-415).

6.3. 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  $V_n \geq 40\%$ ; 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.76, [7] с. 271-297).

2. Рассчитать шлейфовый фильтр гармоник, имеющий следующие параметры: полоса

пропускания  $V_{\pi} \geq 7\%$ , 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 ( $\varepsilon = 2.6; tg\delta = 0.001; b = 4$  мм;  $t = 0.05$  мм).

Волновое сопротивление подводящих линий  $\tilde{\rho} = 50$  Ом, (п.76, [7] с. 297-334).

3. Рассчитать чебышевский ступенчатый переход, обеспечивающий в полосе пропускания:

$\lambda_{-n} = 12$  см,  $\lambda_n = 9$  см – рассогласование  $|\Gamma| \leq 0.02$ . 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.76, [8] с. 270-398).

4. Рассчитать трехдецибелный 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  $\tilde{\rho}_0 = 50$  Ом, (п.76, [9] с. 175-191).



## Вариант 2

1. Рассчитать ступенчатый фильтр гармоник, имеющий следующие параметры: полоса

пропускания  $V_{\pi} \geq 20\%$ ; 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  $\tilde{\rho}_0 = 50$  Ом, (п.7б, [7] с. 271-297).

2. Рассчитать шлейфовый фильтр гармоник, имеющий следующие параметры: полоса

пропускания  $V_{\pi} \geq 10\%$ , 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.7б, [7] с. 297-334).

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:  $r=75 \text{ Ом}$ ,  $\tilde{\rho}_0 = 50 \text{ Ом}$ . Переход должен быть реализован на СПЛ ( $\varepsilon = 2.6; tg\delta = 0.001; b = 4 \text{ мм}; t = 0.05 \text{ мм}$ ), (п.76, [8] с. 270-398).

4. Рассчитать трехдецибелный трехшлейфный ответвитель для работы в диапазоне:

$f_{-n} = 3 \text{ ГГц}$ ,  $f_n = 4 \text{ ГГц}$ . Ответвитель должен быть реализован на МПЛ (

$\varepsilon = 9.6; tg\delta = 0.0001; h = 1 \text{ мм}; t = 0.05 \text{ мм}$ ). Волновое сопротивление подводящих

линий  $\tilde{\rho}_0 = 50 \text{ Ом}$ , (п.76, [9] с. 175-191).

### Вариант 3

1. Рассчитать ступенчатый фильтр гармоник, имеющий следующие параметры: полоса

пропускания  $V_{\pi} \geq 30\%$ ; 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  $\tilde{\rho} = 50$  Ом, (п.7б, [7] с. 271-297).

2. Рассчитать шлейфовый фильтр гармоник, имеющий следующие параметры: полоса

пропускания  $V_{\pi} \geq 15\%$ , 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.7б, [7] с. 297-334).

3. Рассчитать чебышевский ступенчатый переход, обеспечивающий в полосе пропускания:

$\lambda_{-n} = 10$  см,  $\lambda_n = 5$  см – рассогласование  $|\Gamma| \leq 0.05$ . Согласуемые сопротивления:

$r=100 \text{ Ом}, \tilde{\rho}_0 = 50 \text{ Ом}$ . Переход должен быть реализован на СПЛ ( $\varepsilon = 2.6; \text{tg}\delta = 0.001; b = 4 \text{ мм}; t = 0.05 \text{ мм}$ ), (п.76, [8] с. 270-398).

4. Рассчитать гибридное кольцо с равным делением мощности для работы в диапазоне:

$f_{-n} = 3 \text{ ГГц}, f_n = 4 \text{ ГГц}$ . Ответвитель должен быть реализован на МПЛ ( $\varepsilon = 9.6; \text{tg}\delta = 0.0001; h = 1 \text{ мм}; t = 0.05 \text{ мм}$ ). Волновое сопротивление подводящих линий  $\tilde{\rho}_0 = 50 \text{ Ом}$ , (п.76, [9] с. 175-191).

## Вариант 4

1. Рассчитать ступенчатый фильтр гармоник для подавления побочных излучений,

удовлетворяющий следующим техническим условиям : полоса пропускания  $V_{\pi} \geq 20\%$

;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.7б, [7] с. 271-297).

2. Рассчитать шлейфовый фильтр гармоник, имеющий следующие параметры: полоса

пропускания  $V_{\pi} \geq 15\%$ , 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 (

$\varepsilon = 2.6; tg\delta = 0.001; b = 4 \text{ мм}; t = 0.05 \text{ мм}$ ). Волновое сопротивление подводящих линий  $\tilde{\rho}_0 = 50 \text{ Ом}$ , (п.7б, [7] с. 297-334).

3. Рассчитать ступенчатый переход с максимально плоской частотной характеристикой, обеспечивающий в полосе пропускания:  $\lambda_{-n} = 10 \text{ см}$ ,  $\lambda_n = 5 \text{ см}$  – рассогласование

$|\Gamma| \leq 0.05$ . Согласуемые сопротивления:  $r=100 \text{ Ом}$ ,  $\tilde{\rho}_0 = 50 \text{ Ом}$ . Переход должен быть реализован на СПЛ ( $\varepsilon = 2.6; tg\delta = 0.001; b = 4 \text{ мм}; t = 0.05 \text{ мм}$ ), (п.7б, [8] с. 270-398).

4. Рассчитать направленный ответвитель на связанных МПЛ (

$\varepsilon = 9.6; tg\delta = 0.0001; h = 1 \text{ мм}; t = 0.05 \text{ мм}$ ) для работы в диапазоне:  $f_{-n} = 3 \text{ ГГц}$ ,

$f_n = 4 \text{ ГГц}$ . Номинальное значение переходного ослабления  $C_0 = -15 \text{ дБ}$ . Волновое

сопротивление подводящих линий  $\tilde{\rho}_0 = 50 \text{ Ом}$ , (п.7б, [8] с. 71-94).

## Вариант 5

1. Рассчитать ступенчатый фильтр гармоник, имеющий следующие параметры: полоса

пропускания  $V_{\pi} \geq 40\%$ ; 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  $\lambda_0 = 30 \text{ см}$  ( $f_0 = 1 \text{ ГГц}$ ). Фильтр должен

быть реализован на СПЛ ( $\varepsilon = 2.6; tg\delta = 0.001; b = 4 \text{ мм}; t = 0.05 \text{ мм}$ ). Волновое

сопротивление подводящих линий  $\tilde{\rho} = 50 \text{ Ом}$ , (п.7б, [7] с. 271-297).

2. Рассчитать шлейфовый фильтр гармоник, имеющий следующие параметры: полоса

пропускания  $V_{\pi} \geq 10\%$ , 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  $W \geq 0.1 \text{ мм}$ . Центральная длина

волны полосы пропускания  $\lambda_0 = 30 \text{ см}$  ( $f_0 = 1 \text{ ГГц}$ ). Фильтр должен быть реализован

на МПЛ ( $\varepsilon = 9.6; tg\delta = 0.0001; h = 1 \text{ мм}; t = 0.05 \text{ мм}$ ). Волновое сопротивление входов

$\tilde{\rho}_0 = 50 \text{ Ом}$ , (п.7б, [7] с. 297-334).

3. Рассчитать чебышевский ступенчатый переход, обеспечивающий в полосе пропускания:

$\lambda_{-n} = 15 \text{ см}$ ,  $\lambda_n = 7.5 \text{ см}$  – рассогласование  $|\Gamma| \leq 0.02$ . Согласуемые сопротивления:

$r=80 \text{ Ом}$ ,  $\tilde{\rho}_0 = 50 \text{ Ом}$ . Переход должен быть реализован на МПЛ (

$\varepsilon = 9.6; tg\delta = 0.0001; h = 1 \text{ мм}; t = 0.05 \text{ мм}$ ), (п.76, [8] с. 270-398).

4. Рассчитать одноступенчатый трехдецибельный кольцевой делитель мощности для

работы в диапазоне:  $f_{-n} = 3 \text{ ГГц}$ ,  $f_n = 4 \text{ ГГц}$ . Делитель должен быть реализован на

МПЛ ( $\varepsilon = 9.6; tg\delta = 0.0001; h = 1 \text{ мм}; t = 0.05 \text{ мм}$ ). Волновое сопротивление

подводящих линий  $\tilde{\rho}_0 = 50 \text{ Ом}$ , (п.76, [8] с. 168-176).



## Расчетно-графическая работа № 2

### Вариант 1

1. Рассчитать проходной фазовращатель на двухшлейном трёхдецибелльной 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  $\tilde{\rho}_0 = 50 \text{ Ом}$ . Фазовращатель должен быть реализован на МПЛ ( $\varepsilon = 9.6; tg\delta = 0.0001; h = 1 \text{ мм}; t = 0.05 \text{ мм}$ ), (п.7б, [10],[11],[12], [13]).
2. Рассчитать ограничитель мощности с параметрами: рабочая частота  $f_0 = 1500 \text{ МГц}$ , коммутируемая импульсная мощность 80 Вт; длительность импульса  $\tau_{\text{и}} = 10^{-5} \text{ с}$ , период повторения импульсов  $\tau_{\text{п}} = 10^{-3} \text{ с}$ , потери загораждения  $L_{\text{з}} > 30 \text{ дБ}$ , потери пропускания  $L_{\text{п}} < 0.5 \text{ дБ}$ , порог ограничения по непрерывной мощности  $P_{\text{пор.}} > 10 \text{ мВт}$ . Тип используемого диода 2A517A. Ограничитель должен быть реализован на МПЛ ( $\varepsilon = 9.6; tg\delta = 0.0001; h = 1 \text{ мм}; t = 0.05 \text{ мм}$ ). Волновое сопротивление подводящих линий  $\tilde{\rho}_0 = 50 \text{ Ом}$ . (п.7б, [10],[11],[12],[13]).
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  $L_{ок} < 1\text{дБ}$ , вносимое ослабление закрытого

канала  $L_{зк} > 20\text{дБ}$ , волновое сопротивление подводящих линий  $\tilde{\rho}_0 = 50\text{ Ом}$ . Тип

используемого диода 2A503A. Переключатель должен быть реализован на МПЛ (

$\varepsilon = 9.6; tg\delta = 0.0001; h = 1\text{ мм}; t = 0.05\text{ мм}$ ), (п.7б, [10],[11],[12],[13]).

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 (

$\varepsilon = 9.6; tg\delta = 0.0001; h = 1\text{ мм}; t = 0.05\text{ мм}$ ), (п.7а, [1]; п. 7б,[14]).

## 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  $\tilde{\rho}_0 = 50 \text{ Ом}$ . Фазовращатель должен быть реализован на МПЛ (

$\varepsilon = 9.6; tg\delta = 0.0001; h = 1 \text{ мм}; t = 0.05 \text{ мм}$ ), (п.7б, [10],[11],[12],[13]).

2. Рассчитать ограничитель мощности с параметрами: рабочая частота  $f_0 = 2 \text{ ГГц}$ ,

коммутируемая импульсная мощность  $80 \text{ Вт}$ ; длительность импульса  $\tau_{\text{и}} = 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ с}$ ,

период повторения импульсов  $\tau_{\text{п}} = 10^{-3} \text{ с}$ , потери загораживания  $L_3 > 40 \text{ дБ}$ , потери

пропускания  $L_{\text{п}} < 1 \text{ дБ}$ , порог ограничения по непрерывной мощности  $P_{\text{пор.}} > 15 \text{ мВт}$ .

Тип используемого диода 2A517A. Ограничитель должен быть реализован на МПЛ (

$\varepsilon = 9.6; tg\delta = 0.0001; h = 1 \text{ мм}; t = 0.05 \text{ мм}$ ). Волновое сопротивление подводящих

линий  $\tilde{\rho}_0 = 50 \text{ Ом}$ . (п.7б, [10],[11],[12],[13]).

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  $L_{\text{ок}} < 1 \text{ дБ}$ , вносимое ослабление закрытого

канала  $L_{\text{эк}} > 20 \text{ дБ}$ , волновое сопротивление подводящих линий  $\tilde{\rho}_0 = 50 \text{ Ом}$ . Тип используемого диода 2A503A. Переключатель должен быть реализован на МПЛ (

$\varepsilon = 9.6; tg\delta = 0.0001; h = 1 \text{ мм}; t = 0.05 \text{ мм}$ ), (п.7б, [10],[11],[12],[13]).

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 (

$\varepsilon = 9.6; tg\delta = 0.0001; h = 1 \text{ мм}; t = 0.05 \text{ мм}$ ), (п.7а, [1]; п. 7б,[14]).

### 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  $\tilde{\rho}_0 = 50 \text{ Ом}$ . Фазовращатель должен быть реализован на МПЛ (

$\varepsilon = 9.6; tg\delta = 0.0001; h = 1 \text{ мм}; t = 0.05 \text{ мм}$ ), (п.7б, [10],[11],[12],[13]).

2. Рассчитать ограничитель мощности с параметрами: рабочая частота  $f_0 = 2 \text{ ГГц}$ ,

коммутируемая импульсная мощность  $80 \text{ Вт}$ ; длительность импульса  $\tau_{\text{и}} = 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ с}$ ,

период повторения импульсов  $\tau_{\text{п}} = 10^{-3} \text{ с}$ ., потери загораживания  $L_3 > 40 \text{ дБ}$ , потери

пропускания  $L_{\text{п}} < 1 \text{ дБ}$ , порог ограничения по непрерывной мощности  $P_{\text{пор.}} > 15 \text{ мВт}$ .

Тип используемого диода 2A517A. Ограничитель должен быть реализован на МПЛ (

$\varepsilon = 9.6; tg\delta = 0.0001; h = 1 \text{ мм}; t = 0.05 \text{ мм}$ ). Волновое сопротивление подводящих

линий  $\tilde{\rho}_0 = 50 \text{ Ом}$ . (п.7б, [10],[11],[12],[13]).

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  $L_{\text{ок}} < 1 \text{ дБ}$ , вносимое

ослабление закрытого канала  $L_{\text{эк}} > 20 \text{ дБ}$ , волновое сопротивление подводящих линий

$\tilde{\rho}_0 = 50 \text{ Ом}$ . Тип используемого диода 2A503A. Переключатель должен быть

реализован на МПЛ ( $\varepsilon = 9.6; tg\delta = 0.0001; h = 1 \text{ мм}; t = 0.05 \text{ мм}$ ), (п.7б,[10],[11],[12],

[13]).

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 (

$\varepsilon = 9.6; tg\delta = 0.0001; h = 1 \text{ мм}; t = 0.05 \text{ мм}$ ), (п.7а, [1]; п. 7б,[14]).

## 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

$\tilde{\rho}_0 = 50 \text{ Ом}$ . Фазовращатель должен быть реализован на МПЛ ( $\varepsilon = 9.6; tg\delta = 0.0001; h = 1 \text{ мм}; t = 0.05 \text{ мм}$ ), (п.7б, [10],[11],[12],[13]).

2. Рассчитать ограничитель мощности с параметрами: рабочая частота  $f_0 = 3 \text{ ГГц}$ ,

коммутируемая импульсная мощность  $80 \text{ Вт}$ ; длительность импульса  $\tau_{\text{и}} = 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ с}$ ,

период повторения импульсов  $\tau_{\text{п}} = 10^{-3} \text{ с}$ ., потери заграждения  $L_3 > 60 \text{ дБ}$ , потери

пропускания  $L_{\text{п}} < 1,5 \text{ дБ}$ , порог ограничения по непрерывной мощности  $P_{\text{пор.}} > 25 \text{ Вт}$

.. Тип используемого диода 2A517A. Ограничитель должен быть реализован на МПЛ ( $\varepsilon = 9.6; tg\delta = 0.0001; h = 1 \text{ мм}; t = 0.05 \text{ мм}$ ).

Волновое сопротивление подводящих

линий  $\tilde{\rho}_0 = 50 \text{ Ом}$ . (п.7б, [10],[11],[12],[13]).

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  $L_{\text{ок}} < 1 \text{ дБ}$ ,

вносимое ослабление закрытого канала  $L_{\text{эк}} > 20 \text{ дБ}$ , волновое сопротивление

подводящих линий  $\tilde{\rho}_0 = 50 \text{ Ом}$ . Тип используемого диода 2A503A. Переключатель

должен быть реализован на МПЛ ( $\varepsilon = 9.6; tg\delta = 0.0001; h = 1 \text{ мм}; t = 0.05 \text{ мм}$ ), (п.7б,

[10],[11],[12],[13]).

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 (

$\varepsilon = 9.6; tg\delta = 0.0001; h = 1 \text{ мм}; t = 0.05 \text{ мм}$ ), (п.7а, [1]; п. 7б,[14]).



## 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

$\tilde{\rho}_0 = 50 \text{ Ом}$ . Фазовращатель должен быть реализован на МПЛ ( $\varepsilon = 9.6; tg\delta = 0.0001; h = 1 \text{ мм}; t = 0.05 \text{ мм}$ ), (п.7б, [10],[11],[12],[13]).

2. Рассчитать ограничитель мощности с параметрами: рабочая частота  $f_0 = 3.5 \text{ ГГц}$ , коммутируемая импульсная мощность  $80 \text{ Вт}$ ; длительность импульса  $\tau_{\text{и}} = 3 \cdot 10^{-5} \text{ с}$ , период повторения импульсов  $\tau_{\text{п}} = 10^{-3} \text{ с}$ ., потери загораждения  $L_3 > 65 \text{ дБ}$ , потери пропускания  $L_{\text{п}} < 2 \text{ дБ}$ , порог ограничения по непрерывной мощности  $P_{\text{пор.}} > 25 \text{ мВт}$ .

Тип используемого диода 2A517A. Ограничитель должен быть реализован на МПЛ ( $\varepsilon = 9.6; tg\delta = 0.0001; h = 1 \text{ мм}; t = 0.05 \text{ мм}$ ).

Волновое сопротивление подводящих линий  $\tilde{\rho}_0 = 50 \text{ Ом}$ . (п.7б, [10],[11],[12],[13]).

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  $L_{\text{ок}} < 1 \text{ дБ}$ , вносимое ослабление закрытого канала  $L_{\text{зк}} > 20 \text{ дБ}$ , волновое

сопротивление подводящих линий  $\tilde{\rho}_0 = 50 \text{ Ом}$ . Тип используемого диода 2A503A.

Переключатель должен быть реализован на МПЛ (

$\varepsilon = 9.6; tg\delta = 0.0001; h = 1 \text{ мм}; t = 0.05 \text{ мм}$ ), (п.7б,[10],[11],[12],[13]).

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 (

$\varepsilon = 9.6; tg\delta = 0.0001; h = 1 \text{ мм}; t = 0.05 \text{ мм}$ ), (п.7а, [1]; п. 7б,[14]).

### 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 реализован на основе МПЛ ( $\varepsilon = 9.6; tg\delta = 0.0001; h = 1$  мм;  $t = 0.05$  мм), (п.7б,

[10],[13],[15]).

2. Привести варианты и описать свойства планарных антенн с круговой поляризацией, (п.7б, [5],[6]).
3. Описать свойства и привести пример конструкции планарных антенн с подвешенными пластинами и пространственными переходами, (п.7б, [5],[6]).
4. Рассмотреть свойства и особенности конструирования планарных антенн с пластинами из высокотемпературных сверхпроводящих материалов, (п.7б, [5],[6]).

## 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  $P_{\text{г}} < 1$  мВт. Интегральная схема должна быть

реализован на основе МПЛ ( $\varepsilon = 9.6; tg\delta = 0.0001; h = 1$  мм;  $t = 0.05$  мм), (п.7б, [10],

[13],[15]).

2. Рассмотреть вопрос увеличения полосы планарных антенн добавлением пассивных излучателей, (п.7б, [5],[6]).
3. Рассмотреть общие принципы конструирования диэлектрических резонаторных антенн, (п.7б, [5],[6]).
4. Рассмотреть свойства и особенности конструирования планарных антенн на ферритовых подложках, (п.7б, [5],[6]).

### 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  $P_{\text{г}} < 3$  мВт. Интегральная схема должна быть

реализован на основе МПЛ ( $\varepsilon = 9.6; tg\delta = 0.0001; h = 1$  мм;  $t = 0.05$  мм), (п.7б, [10],

[13],[15]).

2. Привести варианты и описать свойства частотно-независимых и логопериодических планарных антенн, (п.7б, [5],[6]).
3. Рассмотреть особенности конструирования цилиндрических и прямоугольных резонаторных антенн, (п.7б, [5],[6]).
4. Рассмотреть свойства и особенности конструирования планарных антенн на подложках из киральных материалов, (п.7б, [5],[6]).

## Вариант 4

1. Рассчитать балансный 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 ( $\varepsilon = 9.6; tg\delta = 0.0001; h = 1$  мм;  $t = 0.05$  мм), (п.6.2, [10],

[13],[15]).

2. Привести варианты и описать свойства широкополосных планарных антенн с пластинами сложной формы, (п.7б, [5],[6]).
3. Рассмотреть общие принципы и особенности конструирования диэлектрических резонаторных антенн с круговой поляризацией, (п.7б, [5],[6]).
4. Рассмотреть свойства и особенности конструирования планарных антенн на подложках из электромагнитных полосозагрождающих материалов, (п.7б, [5],[6]).

## 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  $L_n < 6$  дБ. Смеситель должен обеспечивать максимальное подавление комбинационных составляющих при мощности гетеродина  $P_r < 5$  мВт. Интегральная схема должна быть реализован на основе МПЛ ( $\varepsilon = 9.6; tg\delta = 0.0001; h = 1$  мм;  $t = 0.05$  мм), (п.7б, [10], [13],[15]).
2. Описать методику и привести пример расширения полосы планарных излучателей с помощью согласующих цепей, (п.7б, [5],[6]).
3. Рассмотреть общие принципы и особенности конструирования диэлектрических антенн с увеличенной полосой частот, (п.7б, [5],[6]).
4. Привести варианты и пояснить принципы действия SMART-антенны с азимутальным сканированием, (п.7б, [5],[6]).

## 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. Сазонов Д.М. и др. Устройства СВЧ: Уч. пособие для вузов \ Под ред. Д.М.Сазонова. – М.: Высшая школа, 2005, - 295 с. (Библиотека ВлГУ)

3. Мишустин Б.А. Автоматизированный анализ линейных радиоэлектронных устройств. – М.: МЭИ, 2002, - 64 с. (Библиотека ВлГУ)

б) Дополнительная литература

1. Никольский В.В. и др. Автоматизированное проектирование устройств СВЧ \ Под ред. В.В.Никольского. – М.: Радио и связь, 1982, - 272 с.
2. Гвоздев В.И., Нефедов Е.И., Объёмные интегральные схемы СВЧ. – М.: Наука, 1985, - 256 с.
3. Гасанов Л.Г. и др. Твёрдотельные устройства СВЧ в технике связи. – М.: Радио и связь, 1990, - 288 с.
4. Фуско В. СВЧ цепи \ Анализ и автоматизированное проектирование \ Пер. с англ. Д.А. Вольмана – М.: Радио и связь, 1990, - 287 с.
5. Панченко Б.А., Нефёдов Е.И. Микрополосковые антенны. – М.: Радио и связь, 1986, - 144 с.
6. Лось В.Ф. Микрополосковые и диэлектрические резонаторные антенны. САПР-модели: методы математического моделирования. – Антенны, 2002, вып 11 (66), с.3-80.
7. Справочник по элементам полосковой техники /Мазепова О.И. и др./ Под ред. А.Л. Фельдштейна.- М.: Связь, 1979.-336с.
8. Фельдштейн А.Л., Явич Л.Р., Смирнов В.П. Справочник по элементам волноводной техники. Изд. 2-е. М.: Сов. Радио, 1967.-652с.
9. Малорацкий Л.Г., Явич Л.Р. Проектирование и расчет СВЧ элементов на полосковых линиях. М.:Сов. Радио, 1972.-232с.
10. Полупроводниковые диоды. Сверхвысокочастотные диоды. Справочник / Б.А. Наливайко и др. Под. Ред. Б.А. Наливайко.-Томск: МГП «РАСКО», 1992.-223с.
11. Проектирование управляющих устройств на коммутационных диодах. Гридин А.Н.-М.: Моск. Энерг. ин-т, 1986.-48 с.
12. Хижа Г.С., Вендик И.Б., Серебряков Е.А. СВЧ фазовращатели и переключатели: Особенности создания на р-і-п-диодах в интегральном исполнении.- М.: Радио и связь, 1984.-184с.
13. Микроэлектронные устройства СВЧ / Н.Т. Бова и др. К.: Техніка, 1984.-184с.
14. Петров Г.В., Толстой А.И.Линейные балансные СВЧ усилители.-М.: Радио и связь,1983.-176с.
15. Автоматизированное проектирование микроминиатюрных полупроводниковых узлов СВЧ радиоприемных устройств. Текшев В.Б., Разевиг В.Д., Плигин С.Г. д. ред. В.Д. Разевига.- М.: Моск. Энерг. ин-т, 1987.-100с.



16. Давыдова Н.С., Далюшевский Ю.З. Диодные генераторы и усилители СВЧ.- М.: Радио и связь, 1986. -184 с.
17. Сазонов Д.М. Антенны и устройства СВЧ. Учеб. для радиотех. спец. вузов. –М.: Высш. шк., 1988. -432 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, 1987,- 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.

г) Приложение по стандартизации

1. ГОСТ 2.702-75 ЕСКД. Правила выполнения электрических схем.
2. ГОСТ 2.109-73 ЕСКД. Конструкторские документы на микро-устройствах.
3. ГОСТ 3.1102-81 ЕСКД. Виды технологической документации в микроэлектронике.
4. ГОСТ 2.417-78. ЕСКД. Правила выполнения чертежей печатных плат.

**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

Гаврилов В.М.

Рецензент (ы) зав. отделом радиотехники ФГУП «ГНПП «Крона»

Соколов Н.Г.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РТ и РС.

Протокол № 12 от 30.03.15 года

Зав. кафедрой РТ и РС

О.Р. Никитин.

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

Протокол № 9 от 31.03.15 года

Председатель комиссии

О.Р. НИКИТИН

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

Рабочая программа одобрена на 16/17 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 1.09.16 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ *ОРНИКТАИ*

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

Институт \_\_\_\_\_

Кафедра \_\_\_\_\_

Актуализированная  
рабочая программа  
рассмотрена и одобрена  
на заседании кафедры  
протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_ 2016г.  
Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_  
(подпись, ФИО)

**Актуализация рабочей программы дисциплины**

\_\_\_\_\_  
(наименование дисциплины)

Направление подготовки

Профиль/программа подготовки

Уровень высшего образования

Форма обучения

Владимир 2016

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: \_\_\_\_\_

г) интернет-ресурсы: \_\_\_\_\_