

**Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

**Направление подготовки/специальность: 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы**

**Наименование образовательной программы: Радиоэлектронные системы и комплексы**

**Уровень образования: высшее образование - специалитет**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Техника СВЧ**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Михайлов М.С.
Идентификатор	R88495daf-MikhailovMS-74da3f0e	

(подпись)

М.С.  
Михайлов

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Сизякова А.Ю.
Идентификатор	R4eb30863-SiziakovaAY-83831ea7	

(подпись)

А.Ю.  
Сизякова

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Куликов Р.С.
Идентификатор	R7ef0b374-KulikovRS-e851162c	

(подпись)

Р.С. Куликов

(расшифровка  
подписи)

## ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-1 Способен разрабатывать структурные и функциональные схемы подсистем радиоэлектронных систем и комплексов, в том числе с использованием математического моделирования алгоритмов формирования, передачи, приема и обработки радиосигналов

ИД-1 Знает методы выполнения расчетов основных технических характеристик схем подсистем радиоэлектронных систем и комплексов

ИД-2 Умеет использовать методы математических расчетов характеристик радиотехнических устройств, систем и процессов для анализа и оптимизации их параметров

ИД-3 Знает методы построения структурных схем радиоэлектронного устройства или системы, реализующих требуемые алгоритмы обработки

2. ПК-3 Способен выполнять физическое моделирование процессов формирования, передачи, приема и обработки радиосигналов в подсистемах радиоэлектронных систем и комплексов

ИД-2 Умеет выполнять физическое моделирование (проведение эксперимента), обрабатывать результаты эксперимента, оценивать погрешности экспериментальных данных

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Письменная работа

1. Защита типового расчёта. Матрицы рассеяния СВЧ-устройств (Расчетно-графическая работа)
2. Защита типового расчёта. Узкополосное согласование (Расчетно-графическая работа)
3. Защита типового расчёта. Широкополосное согласование (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Защита лабораторной работы №1 (Коллоквиум)
2. Защита лабораторной работы №2 (Коллоквиум)
3. Защита лабораторной работы №3 (Коллоквиум)

## БРС дисциплины

6 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %						
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6
	Срок КМ:	4	8	9	11	12	14
Введение. Типы линий передачи. Режимы работы линии передачи. Круговая номограмма Измерение							

параметров СВЧ нагрузок.						
Введение. Типы линий передачи. Режимы работы линии передачи. Круговая номограмма Измерение параметров СВЧ нагрузок.	+	+	+	+		
Согласование нагрузок с линией передачи. Соединение СВЧ трактов						
Согласование нагрузок с линией передачи. Соединение СВЧ трактов		+	+	+		
Общая теория многополюсников СВЧ						
Общая теория многополюсников СВЧ					+	
Шестиполюсные и восьмиполюсные устройства СВЧ						
Шестиполюсные и восьмиполюсные устройства СВЧ					+	+
Объединение многополюсников						
Объединение многополюсников						+
Устройства использующие ферриты и pin-диоды						
Устройства использующие ферриты и pin-диоды						+
Вес КМ:	16	17	16	17	17	17

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### *I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций*

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-1	ИД-1 <sub>ПК-1</sub> Знает методы выполнения расчетов основных технических характеристик схем подсистем радиоэлектронных систем и комплексов	Знать: описание функционирования СВЧ-устройств с помощью аппарата матриц рассеяния и методы анализа СВЧ-устройств с помощью матриц рассеяния	Защита типового расчёта. Матрицы рассеяния СВЧ-устройств (Расчетно-графическая работа)
ПК-1	ИД-2 <sub>ПК-1</sub> Умеет использовать методы математических расчетов характеристик радиотехнических устройств, систем и процессов для анализа и оптимизации их параметров	Уметь: применять математические модели и соответствующие методы расчетов к анализу и оптимизации параметров отдельных узлов СВЧ и систем аналоговой обработки СВЧ сигналов	Защита типового расчёта. Узкополосное согласование (Расчетно-графическая работа) Защита типового расчёта. Широкополосное согласование (Расчетно-графическая работа)
ПК-1	ИД-3 <sub>ПК-1</sub> Знает методы построения структурных схем радиоэлектронного устройства или системы, реализующих требуемые алгоритмы обработки	Знать: особенности построения и использования СВЧ-трактов и СВЧ-устройств, предназначенных для работы в различных частотных диапазонах,	Защита лабораторной работы №1 (Коллоквиум)
ПК-3	ИД-2 <sub>ПК-3</sub> Умеет выполнять	Уметь:	Защита лабораторной работы №2 (Коллоквиум)

	<p>физическое моделирование (проведение эксперимента), обрабатывать результаты эксперимента, оценивать погрешности экспериментальных данных</p>	<p>экспериментально определить уровень согласования нагрузки с линией передачи экспериментально проводить измерения характеристик рассеяния многополюсников СВЧ</p>	<p>Защита лабораторной работы №3 (Коллоквиум)</p>
--	---	---	---

## II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

### КМ-1. Защита лабораторной работы №1

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Коллоквиум

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 16

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Проверка выполнения подготовки к лабораторной работе. Устный опрос.

#### Краткое содержание задания:

Проверить понимание методик измерения параметров нагрузок и нерегулярностей СВЧ тракта

#### Контрольные вопросы/задания:

<p>Знать: особенности построения и использования СВЧ-трактов и СВЧ-устройств, предназначенных для работы в различных частотных диапазонах,</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Линия передачи с волновым сопротивлением <math>z_w=75</math> Ом нагружена на сопротивление <math>Z_{load} = 3*N + j*5*(N-5)</math> Ом. Определите по круговой диаграмме КБВ, КСВ и модуль коэффициента отражения от нагрузки. <math>N</math> – номер по журналу учебной группы</li><li>2. Линия передачи с волновым сопротивлением <math>z_w=100</math> Ом нагружена на сопротивление <math>Z_{load} = 3*N + j*5*(N-5)</math> Ом. По круговой диаграмме пересчитайте сопротивление в сечении, отстоящее от нагрузки на <math>\Delta l/\lambda = 0,96</math>. <math>N</math> – номер по журналу учебной группы</li><li>3.1. Линия передачи с волновым сопротивлением <math>z_w=50</math> Ом нагружена на сопротивление <math>Z_{load} = 3*N + j*5*(N-5)</math> Ом. По круговой диаграмме пересчитайте сопротивление в проводимость. <math>N</math> – номер по журналу учебной группы.</li><li>4. Математическая модель регулярной линии передачи.</li><li>5. Режимы работы линии передачи</li><li>6. Понятия бегущей и стоячей волн</li><li>7. Коэффициент отражения и его изменение вдоль линии с потерями и без потерь.</li><li>8. Нормированные напряжения и токи.</li><li>9. Введение нормировок для линии с волной типа Т и для прямоугольного волновода.</li><li>10. Нормированные сопротивления и проводимости, трансформация сопротивлений в линии передачи.</li><li>11. Свойства четвертьволнового трансформатора.</li><li>12. Круговая номограмма сопротивлений.</li><li>13. Соотношения, положенные в основу построения круговой номограммы сопротивлений.</li><li>14. Построение нормированных токов в линии передачи при помощи круговой номограммы сопротивлений.</li></ol>
--	---

	<p>15.Круговая номограмма проводимостей.  16.Соотношения, положенные в основу построения круговой номограммы проводимостей.  17.Построение нормированных токов в линии передачи при помощи круговой номограммы проводимостей.  18.Классификация линий передачи СВЧ.  19.Основные типы линий передачи.  20.Параметры линий передачи.  21. Типы волн, длина волны, фазовая скорость, характеристическое и волновое сопротивление, пропускаемая мощность.  22.Измерение на СВЧ комплексных сопротивлений нагрузок. Идеология метода Татаринова. Применение круговой номограммы для обработки результатов измерений.</p>
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 85*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

**КМ-2. Защита лабораторной работы №2**

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Коллоквиум

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 17

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Проверка выполнения подготовки к лабораторной работе. Устный опрос.

**Краткое содержание задания:**

Проверить понимание методов узкополосного и широкополосного согласования комплексных нагрузок с линией передачи

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Уметь: экспериментально определить уровень согласования нагрузки с линией передачи</p>	<p>1.Используя круговую номограмму, рассчитать согласующее устройство на основе параллельного шлейфа для нагрузки с проводимостью <math>Y_{load} = 0,45 + N/10 + j*(0,85 + N/10)</math>, шлейф расположить на минимальном расстоянии от нагрузки. Рассчитать изменение КБВ в тракте при увеличении частоты на <math>(10 + N/10)\%</math>.</p>
---	---



$N$  – номер по журналу учебной группы  
2. Задано нормированное сопротивление нагрузки  $Z_{load} = 0,55 + N/10 - j*(1 + N/10)$ . Рассчитать, согласующее устройство в виде последовательного шлейфа минимальной длины, расположенного на минимальном расстоянии от нагрузки. Рассчитать изменение КБВ в тракте при увеличении частоты на  $(10 + N/10)\%$ .

$N$  – номер по журналу учебной группы  
3.1. Рассчитать, согласующее устройство в виде четвертьволнового трансформатора, расположенного на минимальном расстоянии от нагрузки. Нормированное сопротивление нагрузки  $Z_{load} = 0,4 + N/10 - j*(0,95 + N/10)$ . Рассчитать изменение КБВ в тракте при увеличении частоты на  $(10 + N/10)\%$ .

$N$  – номер по журналу учебной группы  
4. Проводимость согласуемой нагрузки  $Y_{load} = 0,45 + N/10 + j*(0,85 + N/10)$ , расстояние до нагрузки  $0,075\lambda$ , расстояние между шлейфами  $0,21\lambda$ . Параллельные согласующие шлейфы коротко-замкнутые, нормированное волновое сопротивление основной линии и шлейфов равно 1. Рассчитать изменение КБВ в тракте при увеличении частоты на  $(10 + N/10)\%$

$N$  – номер по журналу учебной группы.

5. Постановка задачи узкополосного согласования

6. Узкополосное согласование нагрузки с помощью параллельного шлейфа.

7. Узкополосное согласование нагрузки с помощью последовательного шлейфа.

8. Узкополосное согласование нагрузки четвертьволновым трансформатором

9. Конструктивная реализация реактивных параллельных шлейфов постоянной длины на коаксиальном волноводе.

10. Конструктивная реализация реактивных последовательных шлейфов постоянной длины на коаксиальном волноводе.

11. Конструктивная реализация четвертьволновых и полуволновых трансформаторов на коаксиальном волноводе.

12. Конструктивная реализация согласованных нагрузок на коаксиальном волноводе.

13. Конструктивная реализация реактивных параллельных шлейфов постоянной длины на прямоугольном волноводе.

14. Конструктивная реализация реактивных последовательных шлейфов постоянной длины на прямоугольном волноводе.

15. Конструктивная реализация четвертьволновых и полуволновых трансформаторов на прямоугольном

	<p>волноводе.          16.Конструктивная реализация согласованных нагрузок на прямоугольном волноводе.          17.Согласование с помощью двухшлейфного трансформатора. Понятие «мертвой» зоны.          Назначение трехшлейфного согласующего устройства.</p>
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 85*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

**КМ-3. Защита типового расчёта. Узкополосное согласование**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 16

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студентам выдаётся задание на расчёт узкополосного согласования заданной нагрузки

**Краткое содержание задания:**

Проверка умения выполнять узкополосное согласование заданной нагрузки с линией передачи

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Уметь: применять математические модели и соответствующие методы расчетов к анализу и оптимизации параметров отдельных узлов СВЧ и систем аналоговой обработки СВЧ сигналов</p>	<p>1.Выполнить узкополосное согласование заданной нагрузки на частоте <math>f_0</math> с помощью последовательного шлейфа (найти длину шлейфа и расстояние от шлейфа до сечения входа нагрузки). Провести расчет зависимости КБВ в полосе частот <math>\pm 20\%</math> от <math>f_0</math>. Сравнить полосу согласования по уровню КБВ = 0,7.          2.Выполнить узкополосное согласование заданной нагрузки на частоте <math>f_0</math> с помощью параллельного шлейфа (найти длину шлейфа и расстояние от шлейфа до сечения входа нагрузки). Провести расчет зависимости КБВ в полосе частот <math>\pm 20\%</math> от <math>f_0</math>. Сравнить полосу согласования по уровню КБВ = 0,7.          3.Выполнить узкополосное согласование заданной нагрузки на частоте <math>f_0</math> с помощью четвертьволнового</p>
---	--

трансформатора (найти волновое сопротивление трансформатора и расстояние от трансформатора до сечения входа нагрузки);

Провести расчет зависимости КБВ в полосе частот  $\pm 20\%$  от  $f_0$ . Сравнить полосу согласования по уровню КБВ = 0,7.

4. Выполнить узкополосное согласование заданной нагрузки на частоте  $f_0$  с помощью двухшлейфного трансформатора с последовательными короткозамкнутыми шлейфами (найти длины шлейфов). Расстояние от нагрузки до ближайшего к ней шлейфа считать равным нулю. Расстояние между шлейфами взять равным  $1/8$  длины волны на частоте  $f_0$ .

Провести расчет зависимости КБВ в полосе частот  $\pm 20\%$  от  $f_0$ . Сравнить полосу согласования по уровню КБВ = 0,7.

5. Найти параметры узкополосно согласующего устройства на основе параллельного шлейфа для нагрузки с параметрами:  $z=0.3+j1$  в коаксиальной линии. Используя круговую номограмму, найти величину КБВ в линии с рассчитанным согласующим устройством при уменьшении частоты на 10% (параметры нагрузки считать независимыми от частоты).

Рассчитать длины отрезков коаксиальной линии (в см) (длина волны генератора равна 60 см, диэлектрическая проницаемость наполнителя коаксиальной линии  $\epsilon=2.5$ ), нарисовать эскиз конструкции.

6. Найти параметры узкополосного согласующего устройства на основе двухшлейфного трансформатора с параллельно включенными шлейфами для нагрузки с параметрами:  $z=0,8+j0,5$  в коаксиальной линии. Рассчитать длины отрезков коаксиальных линий (в см) (длина волны генератора равна 60 см, диэлектрическая проницаемость наполнителя коаксиальной линии  $\epsilon=2.5$ ).

Определить КБВ на входе согласующего устройства при изменении частоты на 10% (параметры нагрузки считать независимыми от частоты). Нарисовать эскиз конструкции.

7. Найти параметры узкополосного согласующего устройства на основе параллельного шлейфа для нагрузки с параметрами:  $z=0,5+j0,5$  в линии на прямоугольном волноводе с волной Н<sub>10</sub>. Рассчитать длины отрезков волноводов (в см) и нарисовать эскиз конструкции согласующего устройства (длина волны генератора равна 3,2 см, сечение волновода 23x10 мм).

Определить КБВ на входе согласующего устройства при уменьшении частоты на 5% (параметры нагрузки

считать независимыми от частоты).

8. Найти параметры узкополосного согласующего устройства на основе двухшлейфного трансформатора с параллельно включенными шлейфами для нагрузки с параметрами:  $z=0,5+j0,5$  в коаксиальной линии.

Определить КБВ на входе согласующего устройства при увеличении частоты на 10% (параметры нагрузки считать независимыми от частоты).

Рассчитать длины отрезков коаксиальной линии (в см) (длина волны генератора равна 60 см, диэлектрическая проницаемость наполнителя коаксиальной линии  $\epsilon=2.5$ ).

9. Найти параметры узкополосного согласующего устройства на основе последовательного шлейфа для нагрузки с параметрами:  $z=0,5-j0,5$  в линии на прямоугольном волноводе с волной Н10. Рассчитать длины отрезков волноводов (в см) и нарисовать эскиз конструкции согласующего устройства (длина волны генератора равна 3,2 см, сечение волновода 23x10 мм)

Определить КБВ на входе согласующего устройства при уменьшении частоты на 5% (параметры нагрузки считать независимыми от частоты).

10. Найти параметры узкополосного согласующего устройства на основе двухшлейфного трансформатора с последовательно включенными шлейфами для нагрузки с параметрами:  $z=0,5+j0,5$  в линии на прямоугольном волноводе с волной Н01.

Рассчитать длины отрезков волноводов (в см) и нарисовать эскиз конструкции согласующего устройства (длина волны генератора равна 3,2 см, сечение волновода 23x10 мм)

Определить КБВ на входе согласующего устройства при уменьшении частоты на 5% (параметры нагрузки считать независимыми от частоты).

11. Найти параметры узкополосно согласующего устройства на основе параллельного шлейфа для нагрузки с параметрами:  $z=0.3+j1$  в коаксиальной линии. Используя круговую номограмму, найти величину КБВ в линии с рассчитанным согласующим устройством при уменьшении частоты на 10% (параметры нагрузки считать независимыми от частоты).

Рассчитать длины отрезков коаксиальной линии (в см) (длина волны генератора равна 60 см, диэлектрическая проницаемость наполнителя коаксиальной линии  $\epsilon=2.5$ ), нарисовать эскиз конструкции.

12. Найти параметры узкополосного согласующего устройства на основе двухшлейфного трансформатора с параллельно включенными

	<p>шлейфами для нагрузки с параметрами: <math>z=0,8+j0,5</math> в коаксиальной линии. Рассчитать длины отрезков коаксиальных линий (в см) (длина волны генератора равна 60 см, диэлектрическая проницаемость наполнителя коаксиальной линии <math>\epsilon=2.5</math>).</p> <p>Определить КБВ на входе согласующего устройства при изменении частоты на 10% (параметры нагрузки считать независимыми от частоты). Нарисовать эскиз конструкции.</p> <p>13. Найти параметры узкополосного согласующего устройства на основе параллельного шлейфа для нагрузки с параметрами: <math>z=0,5+j0,5</math> в линии на прямоугольном волноводе с волной Н10. Рассчитать длины отрезков волноводов (в см) и нарисовать эскиз конструкции согласующего устройства (длина волны генератора равна 3,2 см, сечение волновода 23x10 мм).</p> <p>Определить КБВ на входе согласующего устройства при уменьшении частоты на 5% (параметры нагрузки считать независимыми от частоты).</p> <p>14. Найти параметры узкополосного согласующего устройства на основе двухшлейфного трансформатора с параллельно включенными шлейфами для нагрузки с параметрами: <math>z=0,5+j0,5</math> в коаксиальной линии.</p> <p>Определить КБВ на входе согласующего устройства при увеличении частоты на 10% (параметры нагрузки считать независимыми от частоты).</p> <p>Рассчитать длины отрезков коаксиальной линии (в см) (длина волны генератора равна 60 см, диэлектрическая проницаемость наполнителя коаксиальной линии <math>\epsilon=2.5</math>).</p>
--	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 85*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

**КМ-4. Защита типового расчёта. Широкополосное согласование**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

## Вес контрольного мероприятия в БРС: 17

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студентам выдаётся задание на расчёт широкополосного согласования заданной нагрузки

### Краткое содержание задания:

Проверка умения выполнять широкополосное согласование заданной нагрузки с линией передачи

### Контрольные вопросы/задания:

<p>Уметь: применять математические модели и соответствующие методы расчетов к анализу и оптимизации параметров отдельных узлов СВЧ и систем аналоговой обработки СВЧ сигналов</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Выполнить широкополосное согласование заданной нагрузки при помощи согласующего устройства, предназначенного для широкополосного согласования резонансных нагрузок и состоящего из четвертьволнового трансформатора и параллельного резонансного шлейфа. Схема согласования приведена на рисунке ниже. Резонансную нагрузку с резонансом на центральной частоте <math>f_0</math> получить из заданной в таблице нагрузки путем добавления к ней параллельно включенного кз или хх шлейфа длиной <math>L_{шл.н}</math> (определяется при проведении расчета). Выбор кз или хх шлейфа осуществляется исходя из минимизации его длины. Волновое сопротивление шлейфа выбирается равным волновому сопротивлению, которое использовано при нормировке нагрузки (<math>z_{в0}</math>). Согласование провести в максимально возможной полосе частот при уровне допустимого <b>КБВдоп=0.7</b>.</li><li>2. Определить параметры элементов согласующего устройства (<math>L_{шл.н}</math>, волновые сопротивления резонансного шлейфа на входе согласующей схемы <math>z_{в.шл}</math>, и его длину, волновое сопротивление трансформатора <math>z_{в.тр}</math>).</li><li>3. Рассчитать и нанести на круговую диаграмму частотную зависимость комплексной проводимости в полосе <math>\pm 20\%</math> от <math>f_0</math> для исходной нагрузки;</li><li>4. Рассчитать и нанести на круговую диаграмму частотную зависимость комплексной проводимости в полосе <math>\pm 20\%</math> от <math>f_0</math> для резонансной нагрузки, полученной путем добавления к нагрузке шлейфа (<math>L_{шл.н}</math>).</li><li>5. Рассчитать и нанести на круговую диаграмму частотную зависимость комплексной проводимости в полосе <math>\pm 20\%</math> от <math>f_0</math> для проводимости на входе четвертьволнового трансформатора (пересчет проводимости резонансной нагрузки на вход трансформатора).</li><li>6. Рассчитать и нанести на круговую диаграмму частотную зависимость комплексной проводимости в полосе <math>\pm 20\%</math> от <math>f_0</math> для проводимости, полученной после суммирования с проводимостью резонансного шлейфа на входе трансформатора</li></ol>
---	---

	<p>7. Рассчитать и построить график зависимости КБВ в подводящей линии в полосе согласования.</p> <p>8. Постановка задачи широкополосного согласования.</p> <p>9. Ограничения на полосу согласования и допустимый уровень КБВ.</p> <p>10. Схемы реализующие широкополосное согласование.</p> <p>11. Широкополосное согласование резонансных нагрузок.</p>
--	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 85*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

**КМ-5. Защита лабораторной работы №3**

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Коллоквиум

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 17

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Проверка выполнения подготовки к лабораторной работе. Устный опрос.

**Краткое содержание задания:**

Проверить понимание методов описания устройств СВЧ матрицами рассеяния и экспериментального измерения элементов матриц рассеяния

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Уметь: экспериментально проводить измерения характеристик рассеяния многополюсников СВЧ</p>	<p>1. Запишите матрицу рассеяния вентиля. Вычислите коэффициент отражения вентиля, если на второй порт подключена нагрузка с сопротивлением <math>Z_{load} = 0,55 + N/10 - j*(1 + N/10)</math>.  <math>N</math> – номер по журналу учебной группы</p> <p>2. Запишите матрицу рассеяния Y-циркулятора 1-2-3. Вычислите новую матрицу рассеяния, если на порт 2 подключена нагрузка с сопротивлением <math>Z_{load} = 0,4 + N/10 - j*(0,95 + N/10)</math>.  <math>N</math> – номер по журналу учебной группы</p> <p>3. В направленном ответвителе попарно развязаны порты с одной стороны плоскости симметрии.</p>
--	--

	<p>Вычислите новую матрицу рассеяния, если на порт 3 подключена нагрузка с проводимостью <math>Y_{load} = 0,45 + N/10 + j*(0,85 + N/10)</math>. <math>N</math> – номер по журналу учебной группы</p> <p>4. Двойной Т-мост. Применение оператора симметрии при определении матрицы рассеяния двойного Т-моста. Матрица рассеяния моста при условии согласования Е и Н плеч. Применение моста</p> <p>5. Шестиполюсные делители мощности. Матрица рассеяния параллельного соединения трех линий с одинаковыми волновыми сопротивлениями.</p> <p>6. Устройства с поперечно подмагниченным ферритом. Зависимость магнитной проницаемости подмагниченного феррита от величины поля подмагничивания. Вентиль с резонансным поглощением поля. Принцип действия, конструкция, матрица рассеяния.</p> <p>7. Матрица перенумерации. Изменение матрицы рассеяния при смещении сечений входов.</p> <p>8. Многополюсники СВЧ. Понятие сечения входов. Матрицы проводимостей, сопротивлений, рассеяния. Определение элементов матриц из эксперимента. Нормировка импедансных матриц.</p> <p>9. Взаимные многополюсники. Матрицы <math>[Z]</math>, <math>[Y]</math> и <math>[S]</math> взаимных многополюсников. Недиссипативные многополюсники. Свойства матриц <math>[Z]</math>, <math>[Y]</math> и <math>[S]</math> недиссипативных многополюсников.</p> <p>10. Устройства СВЧ, использующие ферриты. Зависимость магнитной проницаемости подмагниченного феррита от величины поля подмагничивания. Фазовращатель на круглом волноводе на основе эффекта Фарадея, принцип действия, конструкция, матрица рассеяния.</p> <p>11. Устройства с поперечно подмагниченным ферритом. Зависимость магнитной проницаемости подмагниченного феррита от величины поля подмагничивания. Вентиль со смещением поля. Принцип действия, конструкция, матрица рассеяния.</p> <p>12. Симметричные многополюсники, матрица симметрии. Примеры использования матрицы симметрии при нахождении матриц рассеяния.</p> <p>13. Найдите матрицу рассеяния согласованного недиссипативного шестиполюсника.</p> <p>14. Найдите матрицу рассеяния согласованного взаимного недиссипативного восьмиполюсника.</p> <p>15. Шестиполюсные делители мощности. Матрица рассеяния шестиполюсного делителя с одним согласованным входом.</p>
--	---

**Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 85



*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

*Оценка:* 4

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 75

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

*Оценка:* 3

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 60

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

### **КМ-6. Защита типового расчёта. Матрицы рассеяния СВЧ-устройств**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 17

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студентам выдаётся задание на расчёт матриц рассеяния СВЧ-устройств

#### **Краткое содержание задания:**

Проверить понимание методов описания и анализа СВЧ-устройств с помощью матриц рассеяния

#### **Контрольные вопросы/задания:**

<p>Знать: описание функционирования СВЧ-устройств с помощью аппарата матриц рассеяния и методы анализа СВЧ-устройств с помощью матриц рассеяния</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Записать матрицу рассеяния Y-циркулятора</li><li>2. Записать с помощью матрицы рассеяния закон сохранения энергии в недиссипативном многополюснике</li><li>3. Записать матрицу рассеяния щелевого моста.</li><li>4. Записать матрицу рассеяния двойного волноводного T-моста</li><li>5. Записать матрицу рассеяния квадратного моста.</li><li>6. Записать матрицу рассеяния гибридного кольца</li><li>7. Записать матрицу рассеяния восьмиполюсника на связанных линиях</li><li>8. Вычислить матрицу рассеяния устройства при подключении заданной нагрузки на один из входов восьмиполюсного делителя мощности</li><li>9. Вычислить матрицу рассеяния устройства при соединении двух портов двух заданных восьмиполюсников</li><li>10. Получите матрицу рассеяния для каскадного соединения двух синфазнопротивофазных 3-дб мостов, связанных между собой через согласованный фазовращатель (взаимный или невзаимный). Какое применение может иметь такое устройство?</li><li>11. Получите матрицу рассеяния для каскадного соединения двух квадратурных 3-дб мостов, связанных между собой через согласованный фазовращатель (взаимный или невзаимный). Какое применение может иметь такое устройство?</li><li>12. Понятие каскадного объединения</li></ol>
---	--

	<p>многополюсников. Преобразование матрицы рассеяния многополюсника при замыкании одного из входов на произвольную нагрузку.</p> <p>13. Гибридное кольцо. Выбор параметров элементов схемы. Матрица рассеяния гибридного кольца с равным делением мощности. Реализация на полосковых линиях.</p> <p>14. Найти матрицу рассеяния для шестиполусника, полученного из щелевого моста с короткозамкнутым отрезком волновода длиной <math>\lambda/8</math> на одном из входов.</p> <p>15. Найти матрицу рассеяния для шестиполусника, полученного из двухшлейфного направленного ответвителя с равным делением мощности, нагруженного на одном из входов на сопротивление <math>z = -j</math>.</p> <p>16. Найти матрицу рассеяния параллельного Y-разветвления полосковой линии без потерь. Волновые сопротивления подводящих линий: <math>Z_{в1} = 50 \text{ Ом}</math>, <math>Z_{в2} = 25 \text{ Ом}</math>, <math>Z_{в3} = 25 \text{ Ом}</math>. Нарисовать эскиз конструкции.</p>
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 85*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 6 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Зачет с оценкой

### Пример билета

1. Математическая модель регулярной линии передачи. Режимы работы линии передачи. Понятия бегущей и стоячей волн. Коэффициент отражения и его изменение вдоль линии с потерями и без потерь.

2. Двойной Т-мост. Применение оператора симметрии при определении матрицы рассеяния двойного Т-моста. Матрица рассеяния моста при условии согласования E и H плеч. Применение моста.

**Задача.** Найти матрицу рассеяния параллельного Y-разветвления коаксиального волновода без потерь. Волновые сопротивления подводящих линий:  $Z_{в1} = 50 \text{ Ом}$ ,  $Z_{в2} = 75 \text{ Ом}$ ,  $Z_{в3} = 75 \text{ Ом}$ . Нарисовать эскиз конструкции.

### Процедура проведения

Зачёт проводится по билетам устно. В билете два теоретических вопроса и задача.

### *1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины*

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1пк-1 Знает методы выполнения расчетов основных технических характеристик схем подсистем радиоэлектронных систем и комплексов

### Вопросы, задания

1. Постановка задачи узкополосного согласования. Согласование четвертьволновым трансформатором

2. Элементы трактов СВЧ. Конструктивная реализация реактивных параллельных и последовательных шлейфов постоянной длины, четвертьволновых и полуволновых трансформаторов, согласованных нагрузок на коаксиальном волноводе.

3. Постановка задачи широкополосного согласования. Ограничения на полосу согласования и допустимый уровень КБВ. Схемы реализующие широкополосное согласование.

4. Элементы трактов СВЧ. Конструктивная реализация реактивных параллельных и последовательных шлейфов постоянной длины, четвертьволновых и полуволновых трансформаторов, согласованных нагрузок для круглого волновода.

5. Многополюсники СВЧ. Понятие сечения входов. Матрицы проводимостей, сопротивлений, рассеяния. Определение элементов матриц из эксперимента. Нормировка импедансных матриц.

6. Классификация линий передачи СВЧ. Основные типы линий передачи. Параметры линий передачи. Типы волн, длина волны, фазовая скорость, характеристическое и волновое сопротивления, пропускаемая мощность.

7. Матрица перенумерации. Изменение матрицы рассеяния при смещении сечений входов.

## Материалы для проверки остаточных знаний

1. Коэффициент бегущей волны в линии передачи вычисляется как отношение

Ответы:

1) Минимального напряжения к максимальному напряжению 2) Максимального напряжения к минимальному напряжению 3) Тока в линии к волновому сопротивлению линии

Верный ответ: 1) Минимального напряжения к максимальному напряжению

2. Диагональные элементы многополюсника, согласованного по всем входам, равны

Ответы:

1) Единице 2) Могут принимать разные значения 3) Нулю

Верный ответ: 3) Нулю

3. При подключении к одному из входов-выходов восьмиполюсника нагрузки получается

Ответы:

1) Семиполюсник 2) Шестиполюсник 3) Четырёхполюсник

Верный ответ: 2) Шестиполюсник

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-2<sub>ПК-1</sub> Умеет использовать методы математических расчетов характеристик радиотехнических устройств, систем и процессов для анализа и оптимизации их параметров

## Вопросы, задания

1. Получите матрицу рассеяния для каскадного соединения двух синфазно-противофазных 3-дБ мостов, связанных между собой через согласованный фазовращатель (взаимный или невзаимный). Какое применение может иметь такое устройство?

2. Круговая номограмма проводимостей. Соотношения, положенные в основу построения номограммы. Построение нормированных напряжений в линии передачи при помощи круговой номограммы.

3. Получите матрицу рассеяния для каскадного соединения двух квадратурных 3-дБ мостов, связанных между собой через согласованный фазовращатель (взаимный или невзаимный). Какое применение может иметь такое устройство?

4. Постановка задачи узкополосного согласования. Согласование с помощью последовательного шлейфа.

5. Реализация направленных ответвителей на сосредоточенных реактивных элементах.

6. Постановка задачи узкополосного согласования. Согласование с помощью параллельного шлейфа.

7. Устройства с поперечно подмагниченным ферритом. Зависимость магнитной проницаемости подмагниченного феррита от величины поля подмагничивания. Вентиль с резонансным поглощением поля. Принцип действия, конструкция, матрица рассеяния.

## Материалы для проверки остаточных знаний

1. При режиме стоячей волны в линии передачи коэффициент отражения

Ответы:

1) Больше нуля 2) Равен нулю 3) Равен единице

Верный ответ: 3) Равен единице

2. Матрица рассеяния многополюсника описывает связь

Ответы:

1) Напряжения с токами 2) Отражённых волн с падающими 3) Отражённых волн с напряжениями

Верный ответ: 2) Отражённых волн с падающими

3. Сколько строк и столбцов в матрице рассеяния четырёхполюсника

Ответы:

1) 2 строки и 2 столбца 2) 4 строки и 4 столбца 3) 2 строки и 4 столбца

Верный ответ: 1) 2 строки и 2 столбца

**3. Компетенция/Индикатор:** ИД-3ПК-1 Знает методы построения структурных схем радиоэлектронного устройства или системы, реализующих требуемые алгоритмы обработки

### Вопросы, задания

1. Нормированные напряжения и токи. Введение нормировок для линии с волной типа Т и для прямоугольного волновода.
2. Шестиполусные делители мощности. Матрица рассеяния параллельного соединения трех линий с одинаковыми волновыми сопротивлениями.
3. Нормированные сопротивления и проводимости, трансформация сопротивлений в линии передачи. Свойства четвертьволнового трансформатора.
4. Как выполнить 8-полюсный балансный переключатель приема передачи на основе щелевых мостов и газовых разрядников. Объяснить с использованием матриц рассеяния входящих в схему элементов принцип его работы. Прохождение сигналов через устройство в состоянии приема, передачи.
5. Круговая номограмма сопротивлений. Соотношения, положенные в основу построения номограммы. Построение нормированных токов в линии передачи при помощи круговой номограммы.
6. Элементы трактов СВЧ. Конструктивная реализация реактивных параллельных и последовательных шлейфов постоянной длины, четвертьволновых и полуволновых трансформаторов, согласованных нагрузок для прямоугольного волновода.
7. Устройства СВЧ, использующие ферриты. Зависимость магнитной проницаемости подмагниченного феррита от величины поля подмагничивания. Фазовращатель на круглом волноводе на основе эффекта Фарадея, принцип действия, конструкция, матрица рассеяния.
8. Симметричные многополюсники, матрица симметрии. Примеры использования матрицы симметрии при нахождении матриц рассеяния.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. При идеальном согласовании линии передачи с нагрузкой коэффициент бегущей волны в линии передачи

Ответы:

1) Меньше единицы 2) Равен единице 3) Больше единицы

Верный ответ: 2) Равен единице

2. При идеальном согласовании линии передачи с нагрузкой коэффициент стоячей волны в линии передачи

Ответы:

1) Меньше единицы 2) Равен единице 3) Больше единицы

Верный ответ: 2) Равен единице

3. При режиме бегущей волны в линии передачи коэффициент отражения

Ответы:

1) Больше нуля 2) Равен нулю 3) Равен единице

Верный ответ: 2) Равен нулю

**4. Компетенция/Индикатор:** ИД-2ПК-3 Умеет выполнять физическое моделирование (проведение эксперимента), обрабатывать результаты эксперимента, оценивать погрешности экспериментальных данных

#### **Вопросы, задания**

1. Взаимные многополюсники. Матрицы  $[Z]$ ,  $[Y]$  и  $[S]$  взаимных многополюсников. Недиссипативные многополюсники. Свойства матриц  $[Z]$ ,  $[Y]$  и  $[S]$  недиссипативных многополюсников.
2. Устройства с поперечно подмагниченным ферритом. Зависимость магнитной проницаемости подмагниченного феррита от величины поля подмагничивания. Вентиль со смещением поля. Принцип действия, конструкция, матрица рассеяния.
3. Широкополосное согласование резонансных нагрузок.
4. Разъемы и сочленения волноводных линий передачи, дроссельное сочленение волноводных фланцев. Отражающие препятствия в волноводных трактах
5. Понятие каскадного объединения многополюсников. Преобразование матрицы рассеяния многополюсника при замыкании одного из входов на произвольную нагрузку.
6. Найдите матрицу рассеяния согласованного недиссипативного шестиполюсника.
7. Четырехплечий фазовый циркулятор на круглом волноводе с выходами на прямоугольные волноводы. Зависимость магнитной проницаемости подмагниченного феррита от величины поля подмагничивания. Принцип действия, матрица рассеяния, конструкция.
8. Классическая матрица передачи. Матрица передачи скачка волнового сопротивления.

#### **Материалы для проверки остаточных знаний**

1. В каких единицах измеряется волновое сопротивление линии передачи?  
Ответы:  
1) См 2) Ом 3) Вт  
Верный ответ: 2) Ом
2. Коэффициент отражения в линии передачи вычисляется как отношение  
Ответы:  
1) Амплитуды отражённой волны к амплитуде падающей волны 2) Амплитуды падающей волны к амплитуде отражённой волны 3) Напряжения к волновому сопротивлению линии передачи  
Верный ответ: 2) Амплитуды падающей волны к амплитуде отражённой волны
3. Коэффициент стоячей волны в линии передачи вычисляется как отношение  
Ответы:  
1) Минимального напряжения к максимальному напряжению 2) Максимального напряжения к минимальному напряжению 3) Тока в линии к волновому сопротивлению линии  
Верный ответ: 2) Максимального напряжения к минимальному напряжению
4. Коэффициент отражения от нагрузки равен нулю, если  
Ответы:  
1) Сопротивление нагрузки больше волнового сопротивления линии передачи 2) Сопротивление нагрузки меньше волнового сопротивления линии передачи 3) Сопротивление нагрузки равно волновому сопротивлению линии передачи  
Верный ответ: 3) Сопротивление нагрузки равно волновому сопротивлению линии передачи

#### **II. Описание шкалы оценивания**

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

*Оценка:* 4

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 80

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

*Оценка:* 3

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 50

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня

### ***III. Правила выставления итоговой оценки по курсу***