

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

---

Направление подготовки/специальность: 11.04.01 Радиотехника

Наименование образовательной программы: Радиотехнические системы

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**УСТРОЙСТВА ГЕНЕРИРОВАНИЯ И ФОРМИРОВАНИЯ СИГНАЛОВ**

|  |   |
|--|---|
| <b>Блок:</b>                             | <b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>                 |
| <b>Часть образовательной программы:</b>  | <b>Обязательная</b>                                 |
| <b>№ дисциплины по учебному плану:</b>   | <b>Б1.О.07</b>                                      |
| <b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b> | <b>1 семестр - 3;</b>                               |
| <b>Часов (всего) по учебному плану:</b>  | <b>108 часов</b>                                    |
| <b>Лекции</b>                            | <b>1 семестр - 32 часа;</b>                         |
| <b>Практические занятия</b>              | <b>не предусмотрено учебным планом</b>              |
| <b>Лабораторные работы</b>               | <b>не предусмотрено учебным планом</b>              |
| <b>Консультации</b>                      | <b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b> |
| <b>Самостоятельная работа</b>            | <b>1 семестр - 75,7 часа;</b>                       |
| <b>в том числе на КП/КР</b>              | <b>не предусмотрено учебным планом</b>              |
| <b>Иная контактная работа</b>            | <b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b> |
| <b>включая:</b>                          |   |
| <b>Расчетно-графическая работа</b>       |   |
| <b>Промежуточная аттестация:</b>         |   |
| <b>Зачет с оценкой</b>                   | <b>1 семестр - 0,3 часа;</b>                        |

**Москва 2024**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

|  |  |                                |
|--|--|--------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                                |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                                |
|  | Владелец   | Плутешко А.В.                  |
|  | Идентификатор                                      | R73a91500-PluteshkoAV-a18dbd7f |

А.В. Плутешко

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

|  |  |                               |
|--|--|-------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                               |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                               |
|  | Владелец   | Комаров А.А.                  |
|  | Идентификатор                                      | R8495daf1-KomarovAIA-eada3f0e |

А.А. Комаров

Заведующий выпускающей  
кафедрой

|  |  |                               |
|--|--|-------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                               |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                               |
|  | Владелец   | Комаров А.А.                  |
|  | Идентификатор                                      | R8495daf1-KomarovAIA-eada3f0e |

А.А. Комаров

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение методов построения устройств генерирования колебаний и формирования радиосигналов, способных работать в широких полосах и удовлетворяющих повышенным требованиям к энергетическим характеристикам этих устройств и спектральным характеристикам формируемых сигналов

### Задачи дисциплины

- освоение основных методов построения и расчёта характеристик широкополосных усилителей мощности, смесителей и устройств в микрополосковом исполнении;
- изучение источников и механизмов возникновения фазовых и амплитудных шумов на выходах устройств генерирования и формирования сигналов (УГФС) и способов построения источников колебаний, удовлетворяющих требованиям к допустимым уровням фазовых шумов.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

| Код и наименование компетенции   | Код и наименование индикатора достижения компетенции  | Запланированные результаты обучения  |
|--|---|--|
| ОПК-1 Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора | ИД-1 <sub>ОПК-1</sub> Представляет современную научную картину мира, выявляет естественнонаучную сущность проблемы проектирования, производства и использования в практической деятельности радиоэлектронных устройств и систем | знать:<br>- методы построения схем УГФС;<br>- методы расчёта параметров и характеристик схем УГФС.<br><br>уметь:<br>- выбирать схемы и выполнять расчёты параметров и режимов широкополосных устройств СВЧ.  |
| ОПК-2 Способен применять современные методы исследования, представлять и аргументировано защищать результаты выполненной работы  | ИД-1 <sub>ОПК-2</sub> Применяет современные методы научного исследования и разработки радиотехнических устройств и систем   | знать:<br>- источники, методы оценки и снижения уровней фазовых шумов на выходах УГФС, механизмы их влияния на формируемые сигналы.<br><br>уметь:<br>- выполнять количественные оценки уровней фазовых шумов на выходах УГФС с выбранными схемами и решать задачи снижения этих шумов до уровней, допустимых по техническим требованиям. |

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Радиотехнические системы (далее – ОПОП), направления подготовки 11.04.01 Радиотехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

- Требования к входным знаниям и умениям:
- знать Методы построения схем УГФС

- знать Источники, методы оценки и снижения уровней фазовых шумов на выходах УГФС, механизмы их влияния на формируемые сигналы
- знать методы расчёта параметров и характеристик схем УГФС
- уметь Выбирать схемы и выполнять расчёты параметров и режимов широкополосных устройств СВЧ
- уметь Выполнять количественные оценки уровней фазовых шумов на выходах УГФС с выбранными схемами и решать задачи снижения этих шумов до уровней, допустимых по техническим требованиям

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

| № п/п | Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации  | Всего часов на раздел | Семестр | Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы |     |    |              |   |     |    |    |                   |                                   | Содержание самостоятельной работы/ методические указания |   |
|-------|---|-----------------------|---------|--|-----|----|--------------|---|-----|----|----|-------------------|-----------------------------------|--|---|
|       |   |                       |         | Контактная работа  |     |    |              |   |     |    | СР |                   |                                   |  |   |
|       |   |                       |         | Лек  | Лаб | Пр | Консультация |   | ИКР |    | ПА | Работа в семестре | Подготовка к аттестации /контроль |  |   |
| КПР   | ГК  | ИККП                  | ТК      |  |     |    |              |   |     |    |    |                   |                                   |  |   |
| 1     | 2   | 3                     | 4       | 5  | 6   | 7  | 8            | 9 | 10  | 11 | 12 | 13                | 14                                | 15   |   |
| 1     | Типовые требования к УГФС и их влияние на выбор функциональных схем   | 14                    | 1       | 4  | -   | -  | -            | - | -   | -  | -  | 10                | -                                 | <b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b>              |   |
| 1.1   | Типовые требования к УГФС и их влияние на выбор функциональных схем   | 14                    |         | 4  | -   | -  | -            | - | -   | -  | -  | 10                | -                                 |  |   |
| 2     | Широкополосные усилители мощности с полосой до октавы: элементная база, цепи согласования, типовые характеристики | 20                    |         | 6  | -   | -  | -            | - | -   | -  | -  | -                 | 14                                | -  | <b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b><br><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[1], с. 206-234<br>[2], стр. 233-268<br>[3], стр. 9-22 |
| 2.1   | Широкополосные усилители мощности с полосой до октавы: элементная база, цепи согласования, типовые характеристики | 20                    |         | 6  | -   | -  | -            | - | -   | -  | -  | -                 | 14                                | -  |   |
| 3     | Широкополосные усилители мощности с полосой более октавы: особенности построения цепей согласования,              | 15                    |         | 5  | -   | -  | -            | - | -   | -  | -  | 10                | -                                 | <b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b>              |   |

|     |   |              |           |          |          |          |          |          |          |            |             |          |  |
|-----|---|--------------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------|-------------|----------|--|
|     | примеры характеристик   |              |           |          |          |          |          |          |          |            |             |          |  |
| 3.1 | Широкополосные усилители мощности с полосой более октавы: особенности построения цепей согласования, примеры характеристик                  | 15           | 5         | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -          | 10          | -        |  |
| 4   | Пассивные диодные смесители   | 17           | 5         | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -          | 12          | -        | <b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b><br><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[4], стр. 226-238 |
| 4.1 | Пассивные диодные смесители   | 17           | 5         | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -          | 12          | -        |  |
| 5   | Шумовые характеристики УГФС. Фазовые и амплитудные шумы, вносимые основными функциональными узлами УГФС. Методы построения малошумящих УГФС | 41.7         | 12        | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -          | 29.7        | -        | <b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b><br><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[1], п. 5.4, 5.5  |
| 5.1 | Шумовые характеристики УГФС. Фазовые и амплитудные шумы, вносимые основными функциональными узлами УГФС. Методы построения малошумящих УГФС | 41.7         | 12        | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -          | 29.7        | -        |  |
|     | Зачет с оценкой   | 0.3          | -         | -        | -        | -        | -        | -        | -        | 0.3        | -           | -        |  |
|     | <b>Всего за семестр</b>   | <b>108.0</b> | <b>32</b> | <b>-</b> | <b>-</b> | <b>-</b> | <b>-</b> | <b>-</b> | <b>-</b> | <b>0.3</b> | <b>75.7</b> | <b>-</b> |  |
|     | <b>Итого за семестр</b>   | <b>108.0</b> | <b>32</b> | <b>-</b> | <b>-</b> | <b>-</b> | <b>-</b> | <b>-</b> | <b>-</b> | <b>0.3</b> | <b>75.7</b> | <b>-</b> |  |

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам

дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

### 3.2 Краткое содержание разделов

#### 1. Типовые требования к УГФС и их влияние на выбор функциональных схем

##### 1.1. Типовые требования к УГФС и их влияние на выбор функциональных схем

Основные характеристики УГФС и показатели качества. Рабочие частоты. Требования к стабильности рабочих частот и полосам перестройки. Требования к энергетическим характеристикам: выходная мощность, коэффициент полезного действия. Виды модуляции. Проблемы построения широкополосных усилителей мощности СВЧ диапазона. Спектральные характеристики формируемых сигналов. Побочные излучения с дискретными и сплошными спектрами. Фазовые шумы УГФС. Требования к допустимым уровням побочных излучений и фазовых шумов. Проблемы построения УГФС СВЧ диапазона с предельно низкими уровнями фазовых шумов.

#### 2. Широкополосные усилители мощности с полосой до октавы: элементная база, цепи согласования, типовые характеристики

##### 2.1. Широкополосные усилители мощности с полосой до октавы: элементная база, цепи согласования, типовые характеристики

Схемотехника микрополосковых (МП) цепей трансформации импедансов, фильтрации, блокировки для широкополосных усилителей мощности. Основные характеристики МП цепей: геометрические характеристики, волновые сопротивления, угловые длины. Конструктивная база (материалы подложек, их основные параметры, рекомендации по выбору). Функциональные схемы широкополосных усилителей мощности СВЧ с полосой до октавы. Особенности использования активных приборов и построения цепей межкаскадной связи.

#### 3. Широкополосные усилители мощности с полосой более октавы: особенности построения цепей согласования, примеры характеристик

##### 3.1. Широкополосные усилители мощности с полосой более октавы: особенности построения цепей согласования, примеры характеристик

Сферы применения и особенности построения широкополосных усилителей мощности с полосой более октавы. Цепи межкаскадного согласования на линейных трансформаторах с ферритовыми магнитопроводами (трансформаторах на длинных линиях). Варианты конструкций трансформаторов на длинных линиях. Основные этапы проектирования широкополосных усилителей мощности с полосой более октавы.

#### 4. Пассивные диодные смесители

##### 4.1. Пассивные диодные смесители

Функциональные схемы пассивных диодных смесителей СВЧ. Основные характеристики. Побочные составляющие.

#### 5. Шумовые характеристики УГФС. Фазовые и амплитудные шумы, вносимые основными функциональными узлами УГФС. Методы построения малошумящих УГФС

##### 5.1. Шумовые характеристики УГФС. Фазовые и амплитудные шумы, вносимые основными функциональными узлами УГФС. Методы построения малошумящих УГФС

Понятие о шумовых характеристиках УГФС. Источники и механизмы влияния собственных шумов компонентов УГФС на шумовые составляющие формируемых сигналов. Фазовые (ФМ) и амплитудные (АМ) шумы функциональных узлов УГФС и их спектральные



характеристики. Спектральные плотности мощности (СПМ) ФМ шумов как один из важных показателей качества автогенераторов и УГФС в целом. Физические источники шумов в функциональных узлах УГФС. Расчёт СПМ ФМ и АМ шумов автогенераторов. Анализ влияния параметров компонентов и режимов на уровни ФМ и АМ шумов автогенераторов и неавтономных каскадов. Шумы многокаскадных УГФС. Методы построения источников колебаний с высокой стабильностью частоты и предельно низкими уровнями ФМ шумов. Методы и средства измерения ФМ шумов АГ и функциональных узлов, определяющих уровни ФМ шумов УГФС.

### **3.3. Темы практических занятий**

не предусмотрено

### **3.4. Темы лабораторных работ**

не предусмотрено

### **3.5 Консультации**

### **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ**

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

| Запланированные результаты обучения по дисциплине<br>(в соответствии с разделом 1)   | Коды индикаторов      | Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1) |   |   |   |   | Оценочное средство (тип и наименование)                               |
|--|-----------------------|---|---|---|---|---|---|
|  |                       | 1   | 2 | 3 | 4 | 5 |   |
| <b>Знать:</b>  |                       |   |   |   |   |   |   |
| методы расчёта параметров и характеристик схем УГФС  | ИД-1 <sub>ОПК-1</sub> |   | + |   |   |   | Расчетно-графическая работа/Выравнивающие цепи                        |
| методы построения схем УГФС  | ИД-1 <sub>ОПК-1</sub> | +   |   |   |   |   | Расчетно-графическая работа/s-параметры                               |
| источники, методы оценки и снижения уровней фазовых шумов на выходах УГФС, механизмы их влияния на формируемые сигналы   | ИД-1 <sub>ОПК-2</sub> |   |   |   | + |   | Расчетно-графическая работа/Побочные составляющие в спектре колебания |
| <b>Уметь:</b>  |                       |   |   |   |   |   |   |
| выбирать схемы и выполнять расчёты параметров и режимов широкополосных устройств СВЧ   | ИД-1 <sub>ОПК-1</sub> |   |   | + |   |   | Расчетно-графическая работа/Микрополосковые цепи                      |
| выполнять количественные оценки уровней фазовых шумов на выходах УГФС с выбранными схемами и решать задачи снижения этих шумов до уровней, допустимых по техническим требованиям | ИД-1 <sub>ОПК-2</sub> |   |   |   |   | + | Расчетно-графическая работа/Расчёт фазового шума источника колебаний  |

## **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

#### **1 семестр**

Форма реализации: Обмен электронными документами

1. Выравнивающие цепи (Расчетно-графическая работа)
2. Микрополосковые цепи (Расчетно-графическая работа)
3. Побочные составляющие в спектре колебания (Расчетно-графическая работа)
4. Расчёт фазового шума источника колебаний (Расчетно-графическая работа)
5. s-параметры (Расчетно-графическая работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

Зачет с оценкой (Семестр №1)

В диплом выставляется оценка за 1 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Сечи Ф., Бужатти М.- "Мощные твердотельные СВЧ-усилители", Издательство: "Техносфера", Москва, 2015 - (416 с.)  
<https://e.lanbook.com/book/87745>;
2. Атабеков Г. И.- "Теоретические основы электротехники. Линейные электрические цепи", (10-е изд., стер.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2021 - (592 с.)  
<https://e.lanbook.com/book/155669>;
3. Коптев, Г. И. Устройства генерирования и формирования сигналов. Модели транзисторов, кварцевые генераторы (расчет и моделирование), макетное конструирование маломощных УКВ-передатчиков : учебное пособие по курсам "Устройства генерирования и формирования сигналов" по направлению "Радиотехника" / Г. И. Коптев, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Издательский дом МЭИ, 2009 . – 116 с. - ISBN 978-5-383-00345-9 .  
<http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=755>;
4. Микроэлектронные устройства СВЧ : учебное пособие для радиотехнических специальностей вузов / Г. И. Веселов, и др. – М. : Высшая школа, 1988 . – 280 с..

### **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др);
5. Scilab;
6. GNU Octave.

### 5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
4. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
5. База данных IEL издательства IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.) - <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp?reload=true>
6. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
7. Информационно-справочная система «Кодекс/Техэксперт» - <Http://proinfosoft.ru;>  
<http://docs.cntd.ru/>

### 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Тип помещения   | Номер аудитории, наименование            | Оснащение  |
|---|--|--|
| Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля | Ж-120, Машинный зал ИВЦ                  | сервер, кондиционер  |
|   | А-400, Учебная аудитория "А"             | парта, стул, доска меловая, экран интерактивный, колонки звуковые, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный                          |
| Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации               | Ж-120, Машинный зал ИВЦ                  | сервер, кондиционер  |
|   | А-400, Учебная аудитория "А"             | парта, стул, доска меловая, экран интерактивный, колонки звуковые, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный                          |
| Помещения для самостоятельной работы                                    | НТБ-201, Компьютерный читальный зал      | стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер           |
| Помещения для консультирования  | Е-705/5, Кабинет сотрудников каф. "ФОРС" | стеллаж для хранения книг, стол, стул, шкаф, шкаф для документов, вешалка для одежды, колонки, техническая аппаратура, кондиционер, книги, учебники, пособия |
| Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря                | Е-703/7, Кладовая каф. "ФОРС"            | стеллаж, стол, стул  |

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Устройства генерирования и формирования сигналов

(название дисциплины)

#### 1 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 s-параметры (Расчетно-графическая работа)
- КМ-2 Выравнивающие цепи (Расчетно-графическая работа)
- КМ-3 Микрополосковые цепи (Расчетно-графическая работа)
- КМ-4 Побочные составляющие в спектре колебания (Расчетно-графическая работа)
- КМ-5 Расчёт фазового шума источника колебаний (Расчетно-графическая работа)

**Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.**

| Номер раздела | Раздел дисциплины   | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 | КМ-5 |
|---------------|---|------------|------|------|------|------|------|
|               |   | Неделя КМ: | 4    | 7    | 10   | 13   | 15   |
| 1             | Типовые требования к УГФС и их влияние на выбор функциональных схем   |            |      |      |      |      |      |
| 1.1           | Типовые требования к УГФС и их влияние на выбор функциональных схем   |            | +    |      |      |      |      |
| 2             | Широкополосные усилители мощности с полосой до октавы: элементная база, цепи согласования, типовые характеристики                           |            |      |      |      |      |      |
| 2.1           | Широкополосные усилители мощности с полосой до октавы: элементная база, цепи согласования, типовые характеристики                           |            |      | +    |      |      |      |
| 3             | Широкополосные усилители мощности с полосой более октавы: особенности построения цепей согласования, примеры характеристик                  |            |      |      |      |      |      |
| 3.1           | Широкополосные усилители мощности с полосой более октавы: особенности построения цепей согласования, примеры характеристик                  |            |      |      | +    |      |      |
| 4             | Пассивные диодные смесители   |            |      |      |      |      |      |
| 4.1           | Пассивные диодные смесители   |            |      |      |      | +    |      |
| 5             | Шумовые характеристики УГФС. Фазовые и амплитудные шумы, вносимые основными функциональными узлами УГФС. Методы построения малошумящих УГФС |            |      |      |      |      |      |
| 5.1           | Шумовые характеристики УГФС. Фазовые и амплитудные шумы, вносимые основными функциональными узлами УГФС. Методы построения малошумящих УГФС |            |      |      |      |      | +    |
| Вес КМ, %:    |   |            | 5    | 20   | 20   | 15   | 40   |