

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Калининградский государственный технический университет»  
Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота  
ФГБОУ ВО «КГТУ»  
БГАРФ

УТВЕРЖДАЮ  
И.о. декана радиотехнического факультета

 / В.А. Баженов /

27 июня 2018 г.

**Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине**  
(приложение к рабочей программе дисциплины)

**Формирование и передача сигналов**  
(наименование дисциплины)

базовой части образовательной программы

по специальности

**25.05.03 «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования»**  
(код и наименование специальности)

специализаций:

**«Техническая эксплуатация и ремонт радиооборудования промышленного флота»**  
(код и наименование специализации)

**«Инфокоммуникационные системы на транспорте и их информационная защита»**  
(код и наименование специализации)

Факультет **радиотехнический (РТФ)**  
(наименование)

Кафедра **судовых радиотехнических систем (СРТС)**  
(наименование)

Калининград 2018

## 1. Результаты освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины «Формирование и передача сигналов» является формирование у обучаемых профессиональных компетенций в эксплуатационно-технической и научно-исследовательской областях профессиональной деятельности в соответствии с ОП специальности 25.05.03 «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования».

### 1.1 Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины

Таблица 1.1 – Компетенции, формируемые в результате изучения дисциплины

Компетенции выпускника ОП ВО и этапы их формирования в результате изучения дисциплины	Знания, умения и навыки, характеризующие этапы формирования компетенций
1	2
<p><b>ОК-3:</b> Готовность к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала</p> <p>Этапы формирования компетенции: <b>ОК-3.2:</b> Готовность к самореализации</p>	<p><b>Должен знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• основные требования, предъявляемые к компетенции работника в рамках возможных занимаемых должностей;</li> <li>• основной круг профессиональных обязанностей;</li> <li>• дополнительные навыки и умения, которые могут потребоваться при осуществлении профессиональной деятельности;</li> </ul> <p><b>Должен уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• сравнивать свои профессиональные умения с требуемыми согласно должности;</li> <li>• находить недостатки в своей профессиональной подготовке;</li> <li>• устранять недостатки в своей профессиональной подготовке;</li> </ul> <p><b>Должен владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками самообучения в профессиональной области;</li> <li>• навыками самотестирования в профессиональной области;</li> <li>• навыками разработки индивидуального курса повышения собственной компетенции.</li> </ul>
<p><b>ПК-4:</b> Готовность участвовать в модернизации транспортного радиоэлектронного оборудования, формировать рекомендации по выбору и замене его элементов и систем.</p> <p>Этапы формирования компетенции: <b>ПК-4.2:</b> Готовность участвовать в модернизации транспортного</p>	<p><b>Должен знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• свойства радиосигналов с различными</li> </ul>

<p>радиоэлектронного оборудования.</p>	<p>видами модуляции и классами излучения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• принципы построения и работы устройств формирования и передачи сигналов, РПУ различных диапазонов рабочих частот;</li> <li>• основы теории и проектирования генераторов с внешним возбуждением (ГВВ) и автогенераторов;</li> <li>• принципы построения и схемотехники возбудителей РПУ и их элементов: устройств формирования радиосигналов, синтезаторов частоты, трактов переноса, опорных автогенераторов.</li> </ul> <p><b>Должен уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• проектировать РПУ с заданными параметрами и их элементы: усилители мощности, фильтры гармоник, согласующие устройства и т.п.;</li> <li>• уточнять требования к РПУ и его элементам в соответствии с нормативными документами;</li> <li>• составлять структурные, функциональные и принципиальные электрические схемы проектируемых устройств формирования и передачи сигналов.</li> </ul> <p><b>Должен владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• практическими навыками измерения характеристик и параметров устройств формирования и передачи сигналов;</li> <li>• методами проектирования и расчета РПУ и его элементов;</li> <li>• навыками сравнительного анализа характеристик и параметров устройств формирования и передачи сигналов.</li> </ul>
<p><b>ПК-17:</b> Способность развивать творческую инициативу, рационализаторскую и изобретательскую деятельность, внедрять достижения отечественной и зарубежной науки и техники, внедрять эффективные инженерные решения в практику, в том числе составлять математические модели объектов профессиональной деятельности.</p> <p>Этапы формирования компетенции:</p> <p><b>ПК-17.1:</b> Способность развивать творческую инициативу, рационализаторскую и изобретательскую деятельность.</p>	<p><b>Должен знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• основы рационализаторской и изобретательской деятельности;</li> <li>• источники информации о рационализаторской и изобретательской деятельности;</li> </ul>

**ПК-17.2:** Способность внедрять достижения отечественной и зарубежной науки и техники.

**Должен уметь:**

- проводить сравнение проектируемого устройства с аналогами и прототипом;
- выявлять достоинства и недостатки аналогов и прототипа;
- сформулировать преимущества проектируемого устройства по сравнению с прототипом.

**Должен владеть:**

- навыками работы с источниками информации о рационализаторской и изобретательской деятельности;
- навыками сравнительного анализа аналогов и прототипа.

**Должен знать:**

- основные параметры РПУ отечественного и зарубежного производства различных диапазонов частот;
- особенности схемотехники РПУ отечественного и зарубежного производства, используемые в качестве РПУ-прототипов при курсовом проектировании;
- виды и основное содержание международных и национальных нормативных документов, относящихся к устройствам формирования и передачи сигналов.

**Должен уметь:**

- выполнить сравнительный анализ аналогов и прототипа отечественного и зарубежного производства;
- использовать международные и национальные нормативные документы для уточнения требований, предъявляемых к РПУ;
- использовать отечественный и зарубежный опыт проектирования устройств формирования и передачи сигналов.

**Должен владеть:**

- навыками работы с международными и национальными нормативными документами;
- использования при проектировании новейших достижений отечественной и зарубежной науки и техники;
- методами сравнительного анализа достоинств и недостатков устройств формирования и передачи сигналов

<p><b>ПК-21:</b> Способность к разработке проектов, технических условий, требований, технологий, программ и решения производственных задач и нормативных объектов профессиональной деятельности.</p> <p>Этап формирования компетенции:</p> <p><b>ПК-21.1:</b> Способность к разработке проектов, технических условий, требований, нормативной документации для новых объектов профессиональной деятельности.</p>	<p>отечественного и зарубежного производства</p> <p><b>Должен знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• номенклатуру и основные содержание международных и национальных нормативных документов, относящихся к устройствам формирования и передачи сигналов;</li> <li>• перечень и смысл основных характеристик и параметров устройств формирования и передачи сигналов;</li> <li>• методы проектирования и расчета устройств формирования и передачи сигналов, удовлетворяющих нормативным документам.</li> </ul> <p><b>Должен уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• использовать нормативные документы для разработки требований к проектируемым устройствам формирования и передачи сигналов;</li> <li>• обосновать технические условия и требования для новых устройств формирования и передачи сигналов.</li> </ul> <p><b>Должен владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками разработки проектов нормативных документов для новых устройств формирования и передачи сигналов.</li> </ul>
<p><b>ПК-24:</b> Способность анализировать результаты технической эксплуатации транспортного радиоэлектронного оборудования, динамики показателей качества объектов профессиональной деятельности с использованием проблемно-ориентированных методов и средств исследований, а также разрабатывать рекомендации по повышению уровня эксплуатационно-технических характеристик.</p> <p>Этапы формирования компетенции:</p> <p><b>ПК-24.1:</b> Способность анализировать результаты технической эксплуатации транспортного радиоэлектронного оборудования, динамики показателей</p>	<p><b>Должен знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• качественные показатели устройств формирования и передачи сигналов и их допустимые значения в соответствии с</li> </ul>

<p>качества объектов профессиональной деятельности с использованием проблемно-ориентированных методов и средств исследований.</p> <p><b>ПК-24.2:</b> Способность разрабатывать рекомендации по повышению уровня эксплуатационно-технических характеристик.</p>	<p>нормативными требованиями:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• способы технической эксплуатации устройств формирования и передачи сигналов;</li> <li>• методы настройки устройств формирования и передачи сигналов с целью достижения их качественных показателей.</li> </ul> <p><b>Должен уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• анализировать результаты технической эксплуатации устройств формирования и передачи сигналов;</li> <li>• анализировать динамику показателей качества устройств формирования и передачи сигналов;</li> <li>• находить способы улучшения качественных показателей устройств формирования и передачи сигналов.</li> </ul> <p><b>Должен владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• способами технической эксплуатации устройств формирования и передачи сигналов;</li> <li>• методами оценки качественных показателей устройств формирования и передачи сигналов;</li> <li>• способами эксплуатационного исследования качественных показателей устройств формирования и передачи сигналов.</li> </ul>
<p><b>ПК-27:</b> Готовность к участию в выполнении опытно-конструкторских разработок транспортного радиоэлектронного оборудования.</p> <p>Этап формирования компетенции:</p> <p><b>ПК-27.2:</b> Готовность к участию в выполнении опытно-конструкторских разработок транспортного радиоэлектронного оборудования в части технического проектирования.</p>	<p><b>Должен знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• этапы проектирования транспортного радиоэлектронного оборудования;</li> <li>• принципы выбора аналогов и прототипа проектируемому РПУ;</li> <li>• методы проектирования и расчета устройств формирования и передачи сигналов.</li> </ul> <p><b>Должен уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• использовать международные и национальные нормативные документы для уточнения технического задания на разработку РПУ;</li> <li>• грамотно использовать методы эскизного проектирования РПУ и разработки его структурных и функциональных электрических схем;</li> <li>• составлять принципиальные электрические схемы устройств формирования и передачи</li> </ul>

	<p>сигналов и рассчитывать их с использованием современных методик.</p> <p><b>Должен владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками проектирования и расчета РПУ с заданными параметрами и его элементов;</li> <li>• навыками научного исследования отдельных устройств формирования и передачи сигналов; навыками конструкторской разработки заданного нестандартного узла РПУ.</li> </ul>
<p><b>КК-5:</b> Способность выполнять действия, связанные с эксплуатацией, профилактическим ремонтом и обслуживанием оборудования радиосвязи и радионавигации в соответствии с кодексом ПДНВ, положениями Регламента радиосвязи и конвенции СОЛАС.</p> <p>Этапы формирования компетенции:</p> <p><b>КК-5.1:</b> Готовность к практическому использованию основных законов электричества, теории радио и электроники, систем и оборудования радиосвязи и радионавигации.</p>	<p><b>Должен знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• особенности схемотехники радиопередающих устройств и их элементов;</li> <li>• особенности конструкций радиопередающих устройств и их элементов;</li> <li>• методы формирования радиосигналов с различными сигналами излучения;</li> <li>• методы измерения основных параметров радиопередающих устройств и их элементов</li> </ul> <p><b>Должен уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• уметь пользоваться нормативными документами при определении параметров и характеристик радиопередающих устройств;</li> <li>• измерять характеристики и параметры радиопередающих устройств и их элементов;</li> <li>• грамотно разбираться в схемотехнике конкретных радиопередающих устройств и их элементов.</li> </ul> <p><b>Должен владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками технической эксплуатации радиопередающих устройств;</li> <li>• навыками модернизации радиопередающих устройств и их элементов с учетом научно-технических достижений и современной элементной базы;</li> <li>• навыками экспериментального исследования радиопередающих устройств и их элементов.</li> </ul>

## 1.2 Этапы формирования компетенций в результате освоения дисциплины

Этап формирования	Код формируемой компетенции						
	ПК-4.2	ПК-17.1, 17.2	ПК-21.1	ПК-24.1, 24.2	ПК-27.2	КК-5.1	ОК-3.2
Раздел 1. Введение. Основы теории и расчёт генераторов с внешним возбуждением (ГВВ)	+	+	+			+	
Раздел 2. Схемотехника ГВВ		+	+	+		+	+
Раздел 3. Основы теории схемотехники автогенераторов и синтезаторов частоты	+	+	+	+	+	+	
Раздел 4. Формирование радиосигналов с различными видами модуляции	+	+	+	+	+	+	+

## 2. Перечень оценочных средств поэтапного формирования результатов освоения дисциплины

### 2.1 Перечень тем лабораторных работ

Степень освоения обучающимися компетенций подвергается оценке в ходе проведения лабораторных занятий при защите лабораторных работ из следующего перечня:

1. Исследование генератора с внешним возбуждением (ПК-4.2)
2. Исследование широкополосного транзисторного усилителя мощности (ПК-4.2; КК-5.1)
3. Исследование LC – автогенераторов (ПК-4.2)
4. Исследование синтезаторов частоты на основе ИФАПЧ (ПК-4.2; ПК-24)
5. Исследование формирования радиосигналов с однополосной амплитудной модуляцией (ПК-4.2; КК-5.1)
6. Исследование формирования радиосигналов с фазовой модуляцией в передатчике радиостанции «Рейд-1» (ПК-4.2; КК-5.1; ПК-24)
7. Исследование формирования радиосигналов с частотной модуляцией (ПК-4.2; ПК-24; КК-5.1)
8. Изучение радиопередающего устройства радиостанции ПВ/КВ диапазона (ПК-4.2; ПК-24; КК-5.1)
9. Изучение радиопередающего устройства радиостанции УКВ диапазона (ПК-4.2; ПК-24; КК-5.1)



## **2.2 Перечень тем практических занятий**

Степень освоения обучающимися компетенций подвергается оценке в ходе проведения практических занятий из следующего перечня:

1. Практическое занятие №1 «Требования к КП» (ОК-3.2, ПК-4.2, ПК-17, ПК-21.1, КК-5.1)
2. Практическое занятие №2 «Обобщенные структурные схемы РПУ» (ПК-4.2, ПК-17, ПК-24, ПК-27.2, КК-5.1)
3. Практическое занятие №3 «Разработка функциональной электрической схемы тракта радиочастоты (ТРЧ) РПУ» (ПК-4.2, ПК-17, ПК-27.2, КК-5.1)
4. Практическое занятие №4 «Проектирование антенных согласующих устройств (АСУ)» (ПК-4.2, ПК-17, ПК-21.1, ПК-24, КК-5.1)
5. Практическое занятие №5 «Проектирование фильтров гармоник (ФГ)» (ПК-4.2, ПК-17, ПК-21.1, ПК-24, КК-5.1)
6. Практическое занятие №6 «Проектирование возбуждателей РПУ» (ПК-4.2, ПК-17, ПК-21.1, ПК-24, КК-5.1)
7. Практическое занятие №7 «Проектирование синтезаторов частоты (СЧ)» (ПК-4.2, ПК-17, ПК-21.1, ПК-24, ПК-27.2, КК-5.1)
8. Практическое занятие №8 «Формирование радиосигналов с однополосной амплитудной модуляцией (ОАМ)» (ПК-4.2, ПК-17, ПК-21.1, ПК-24, ПК-27.2, КК-5.1)
9. Практическое занятие №9 «Формирование радиосигналов с угловой модуляцией» (ПК-4.2, ПК-17, ПК-21.1, ПК-24, ПК-27.2, КК-5.1)
10. Практическое занятие №10 «Формирование манипулированных радиосигналов» (ПК-4.2, ПК-17, ПК-21.1, ПК-24, ПК-27.2, КК-5.1)

## **2.3 Типовые задания по контрольной работе**

Степень поэтапного освоения обучающимися (для заочной формы обучения) компетенций ПК-4.2, ПК-21.1, ПК-27.2 подвергается оценке в ходе защиты контрольной работы.

## **2.4 Типовое задание на курсовой проект «Радиопередающее устройство для морской радиосвязи»**

Степень поэтапного освоения обучающимися компетенций ОК-3, ПК-4.2, ПК-17, ПК-21.1, ПК-27.2, КК-5.1 подвергается оценке в ходе защиты курсового проекта.

## **2.5 Типовые тестовые задания (ПК-4.2, ПК-17, ПК-21.2, ПК-24, ПК-27.2, КК-5.1)**

## **2.6 Перечень типовых вопросов к зачету: (ПК-4.2, ПК-17, ПК-21.2, ПК-24, ПК-27.2, КК-5.1)**

## **2.7 Перечень типовых вопросов к зачету: (ПК-4.2, ПК-17, ПК-21.2, ПК-24, ПК-27.2, КК-5.1)**

### 3. Оценочные средства поэтапного формирования результатов освоения дисциплины

#### 3.1 Типовые тестовые задания

1. Охарактеризуйте свойства радиосигналов с заданным классом излучения, например, 2K35J3EJN, 300HF1BBN, 16K0E3EJN.
2. Какие радиотехнические средства относятся к генераторам с внешним возбуждением (ГВВ)? Какие существуют типы ГВВ и каковы их особенности?
3. Запишите уравнение баланса средних мощностей во входной и выходной цепях ГВВ.
4. Изобразите формы импульсов выходного тока активного элемента (АЭ) в ГВВ для недонапряженного, граничного и перенапряженного режима его работы, если инерция в АЭ не проявляется.
5. Как определяется амплитуда n-ой гармоники выходного тока, если он представляет собой периодическую последовательность остроконечных косинусоидальных импульсов с заданным углом отсечки?
6. Изобразите формы импульсов коллекторного и базового тока в транзисторном ГВВ при работе АЭ в перенапряженном и граничном режимах для разных параметров инертности. Укажите причины инертности.
7. Каковы особенности гармонического анализа коллекторного тока транзистора в перенапряженном и граничном режимах при учёте инерционности транзистора.
8. В чём заключается сущность общего подхода к проектированию высокочастотных цепей связи ГВВ?
9. Изобразите принципиальную схему ГВВ на тетроде, в котором в качестве цепей связи используется колебательный контур, параллельных схем питания анодной цепи, цепь автоматического смещения. Поясните, как осуществляется выбор значений элементов.
10. Изобразите принципиальную схему транзисторного усилителя мощности в цепях связи в виде трансформирующих четырёхполюсников, параллельной схемой коллекторного питания и нулевым смещением.
11. Изобразите принципиальную схему двухтактной схемы широкополосного транзисторного усилителя мощности при использовании трансформаторов типа длинной линии и цепей корректирующих. В чём заключается достоинства такой схемы?
12. Каким требованиям должно удовлетворять мостовые устройства для обеспечения сложения мощностей двух ГВВ при развязке между ними? Приведите пример схемы такого устройства.
13. Укажите типы и особенности схемотехники широкополосных усилителей мощности, в которых обеспечивается сложение мощностей нескольких АЭ.
14. Запишите уравнение стационарного режима работы трёхточечной схемы LC-автогенератора. В чём заключается условие баланса амплитуд и фаз?
15. Изобразите схемы одноконтурных автогенераторов (АГ) с индуктивной и емкостной трёх точкой. Как определяются основные параметры таких АГ?
16. Приведите пример схемы многоконтурного АГ и укажите соотношение между режимами неустойчивости контуров и частотой генерации.

17. Какие факторы влияют на кратковременную и долговременную нестабильность частоты АГ? Каковы особенности количественной оценки нестабильности частоты?
18. Приведите пример структурной схемы синтезатора частоты (СЧ) пассивного типа. Как определяются его параметры при заданном диапазоне рабочих частот и шаге сетки частот.
19. Изобразите структурную схему синтезатора частоты на основе системы импульсно-фазовой автоподстройки частоты, который имеет уравнение синтеза частот вида  $f = f_{01} + \frac{N}{M} f_{02}$ , где  $f_{01}, f_{02}$  - частоты опорных колебаний; N, M - целые числа.
20. Приведите пример схемы лампового ГВВ, в котором осуществляется сеточная амплитудная модуляция (АМ). Дайте рекомендацию по выбору режима работы АЭ, начального смещения, моментальной амплитуды модулирующего напряжения. Укажите на достоинства и недостатки такого способа АМ.
21. Изобразите принципиальную схему транзисторного ГВВ, в котором осуществляется коллекторная АМ. Дайте рекомендации по выбору режима работы АЭ, начального коллекторного питания и максимальной амплитуды модулирующего напряжения. В чём заключаются достоинства и недостатки такого способа АМ?
22. Приведите пример схемы формирователя радиосигналов с однополосной АМ (классы излучения J3E, H3E, J2B), реализующей фильтровой метод. Из каких соображений определяются параметры такой схемы?
23. Приведите пример схемы формирователя радиосигнала с фазовой модуляцией (ФМ), реализующий прямой метод ФМ. В чём заключаются достоинства и недостатки такой схемы?
24. Изобразите схему формирователя радиосигнала с частотной модуляцией (ЧМ), реализующую прямой метод ЧМ. Каковы достоинства и недостатки такой схемы?
25. Поясните сущность косвенных методов формирования радиосигналов с угловой модуляцией, основанных преобразовании ЧМ в ФМ и ФМ в ЧМ.
26. Изобразите структурную схему возбудителя СВ/ПВ/КВ-диапазонов. Как осуществляется выбор частотного плана такого возбудителя при заданном диапазоне рабочих частот?
27. Приведите пример структурной схемы радиопередающего устройства (РПУ) СВ/ПВ/КВ-диапазонов? Поясните назначение элементов схем.

### 3.2 Типовые задания по темам практических занятий

#### ПЗ №1 «Требования к курсовому проекту (КП)»

- 1) Охарактеризуйте номенклатуру параметров, заданных в КП.
- 2) Укажите, какие параметры требуют определения в соответствии с нормативными документами.
- 3) Какие нормативные документы необходимо использовать при уточнении технического задания? Каково их основное содержание?
- 4) Как выбираются аналоги и прототип для проектируемого РПУ?
- 5) Каково должно быть содержание первого раздела пояснительной записки

КП, посвященного обзору и анализу РПУ-прототипа?

### **ПЗ №2 «Обобщенные структурные схемы радиопередающих устройств (РПУ)»**

- 1) Какие основные элементы (блоки) должны входить в структурную схему радиопередающего устройства (РПУ)? Каково их функциональное назначение?
- 2) Приведите пример структурной схемы РПУ ПВ/КВ диапазонов. Поясните назначение её элементов.
- 3) Составьте структурную схему РПУ УКВ диапазона с классами излучения G3E и G2B. Поясните назначение её элементов.
- 4) Изобразите структурную схему РПУ судовой станции земной связи системы ИНМАРСАТ –С. Поясните назначение её элементов.

### **ПЗ №3 «Разработка функциональной электрической схемы тракта радиочастоты (ТРЧ) РПУ»**

- 1) Как осуществляется распределение мощности по каскадам при предварительном энергетическом расчёте РПУ? Проиллюстрируйте распределение мощности на примере своего задания.
- 2) Из каких соображений выбирается значение КПД пассивных элементов ТРЧ (согласующих устройств, фильтров гармоник, цепей связи)?
- 3) Как выбираются типы активных элементов (АЭ) при заданных требованиях к мощности и частоте?
- 4) Как уточняется среднее значение коэффициентов усиления по мощности АЭ при использовании экспериментальных данных?
- 5) Как определяется вид каскада усиления мощности (однотактный, двухтактный, блочно-модульный) в зависимости от заданного диапазона частот и выходной мощности?
- 6) Каким образом определяется необходимое число каскадов усиления мощности ТРЧ при заданном значении выходной мощности возбудителя?

### **ПЗ №4 «Проектирование антенных согласующих устройств (АСУ)»**

- 1) Каково назначение АСУ в ПВ/КВ-радиоустановках ГМССБ?
- 2) Запишите условия идеального согласования РПУ с антенной.
- 3) Каковы функции датчиков модуля сопротивления и фазы в АСУ?
- 4) Как проектируются широкополосные неперестраиваемые АСУ? Каковы их недостатки?
- 5) Какова схемотехника дискретно-управляемых АСУ?
- 6) Как выбирается структура такого согласующего устройства при разном характере реактивного сопротивления антенны?
- 7) Как определяются значения L и C элементов АСУ?

### **ПЗ №5 «Проектирование фильтров гармоник (ФГ)»**

- 1) Каково назначение ФГ?
- 2) Из каких соображений выбираются поддиапазоны работы ФГ?
- 3) В каких случаях рекомендуется использовать ФГ отражающего или поглощающего типа?
- 4) Почему в качестве ФГ отражающего типа используют кауэровские ФНЧ?
- 5) Каковы схемотехника и особенности расчета ФГ поглощающего типа?

- 6) Какие ФГ используются в ПВ/КВ-радиоустановках ГМССБ зарубежного производства?

### **ПЗ №6 «Проектирование возбуждителей РПУ»**

- 1) Изобразите структурную схему возбуждителя интерполяционного типа. Поясните назначение её элементов.
- 2) Как выбирается частотный план возбуждителя интерполяционного типа? Каковы соображения по выбору частот опорного генератора и 1-ой поднесущей частоты?
- 3) Приведите примеры частотных планов передатчиков радиостанций TR-1500 фирмы JMC (Япония) и FS-1562 фирмы FURUNO(Япония). Какой из них лучше и почему?
- 4) Обоснуйте выбор частотного плана возбуждителя интерполяционного типа с использованием номограммы комбинационных частот при заданных диапазоне рабочих частот РПУ 1,6...27,5 МГц и частоте опорного генератора 5 МГц и относительном уровне побочных колебаний на выходе -60 дБ.
- 5) Изобразите структурную схему возбуждителя УКВ диапазона с классами излучения G3E и G2B, реализующую косвенный метод формирования фазомодулированных радиосигналов, который основан на преобразовании ЧМ в ФМ. Поясните назначение элементов этой схемы.
- 6) Какие требования предъявляются к элементам тракта звуковой частоты такого возбуждителя, к синтезатору частоты?
- 7) Изобразите структурную схему возбуждителя ДМВ диапазона с классом излучения G1B, работающей в диапазоне частот 1626,5...1646,5 МГц. Поясните назначение её элементов.
- 8) Приведите примеры частотных планов возбуждителей передатчиков судовых земных станций систем ИНМАРСАТ-С типа FELCOM 11;12;15 фирмы FURUNO (Япония)
- 9) Приведите пример структурной схемы возбуждителя ДМВ диапазона передатчика радиостанции Р-625 и поясните принцип её работы на основе системы фазовой автоподстройки частоты. В чём заключаются достоинства такой схемы?

### **ПЗ №7 «Проектирование синтезаторов частоты»**

- 1) Какие методы синтеза частот и типы синтезаторов частоты (СЧ) Вам известны? В чём заключаются особенности этих методов и типов СЧ?
- 2) Перечислите основные параметры синтезаторов частоты и дайте им определения.
- 3) Изобразите структурную схему пассивного СЧ фильтрового типа и поясните принцип его работы. Как осуществляется выбор параметров такого СЧ при заданном диапазоне частот и шаге сетки частот.
- 4) Изобразите структурную схему СЧ пассивного типа на основе идентичных декад, в котором обеспечивается шаг сетки частот 10 Гц при диапазоне рабочих 11...11,0999 МГц.
- 5) В чём заключаются достоинства и недостатки СЧ пассивного типа?
- 6) Приведите пример схемы СЧ активного типа на основе системы фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ), которому соответствует уравнение синтеза частот вида

$$f = f_{01} + f_{02} + Nf_{03}$$

- 7) Изобразите схемы цифрового СЧ активного типа на основе импульсной ФАПЧ (ИФАПЧ), которым соответствуют уравнения синтеза частот вида:

$$f = \frac{N}{M} f_{ог} \quad \text{и} \quad f = f_{01} + Nf_{02},$$

где N-переменное, M-фиксированное. Как определяется шаг сетки частот в таких СЧ?

- 8) Какие функции выполняет интегральная микросхема PLL-logic в СЧ на основе ИФАПЧ?
- 9) Приведите структурную схему СЧ радиостанции TR-1500 фирмы JMC (Япония) и поясните принцип её работы. Каковы уравнения синтеза частот и технические параметры такого СЧ?
- 10) Поясните принцип работы СЧ на основе ИФАПЧ с двумя ДПКД, реализующего алгоритм Евклида. В чём заключается достоинства такого СЧ?
- 11) В чём заключается сущность прямого цифрового синтеза частот (DDS)?

### **ПЗ №8 «Формирование радиосигналов с однополосной амплитудной модуляцией»**

- 1) Классифицируйте известные методы формирования радиосигналов с однополосной амплитудной модуляцией (ОАМ) Какова их сущность?
- 2) Изобразите структурную схему формирователя радиосигналов с классами излучения J3E, H3E и J2B, реализующую фильтровой метод. Поясните назначения элементов схемы и их параметры.
- 3) Какие коммутации должны осуществляться в этой схеме формирователя при выборе класса излучения?
- 4) Почему в этой схеме формирователя используются балансные или кольцевые модуляторы? Приведите пример схемы такого модулятора и поясните принцип её работы.
- 5) Из каких соображений выбираются типы электрических и механических фильтров и их параметры (средняя частота, полоса пропускания)?
- 6) Приведите пример схемы формирователя радиосигналов с ОАМ, реализующего фазофильтровый метод. Какие требования предъявляются к элементам такой схемы. В чём заключаются достоинства и недостатки такой схемы?

### **ПЗ №9 «Формирование радиосигналов с угловой модуляцией»**

- 1) Сделайте классификацию способов формирования радиосигналов с фазовой (ФМ) и частотной модуляцией (ЧМ) и поясните их сущность.
- 2) Приведите пример схемы фазового модулятора, реализующего прямой метод ФМ и используемого в передатчике УКВ-радиостанции и Рейд-1. Поясните принцип его работы. В чём заключается достоинства и недостатки такого модулятора?
- 3) Приведите пример структурной схемы фазового модулятора, реализующей косвенный метод, который основан на преобразовании ЧМ в ФМ. Какие требования предъявляются к цепи предыскажений в этой схеме? Какие достоинства и недостатки у этой схемы модулятора?

- 4) Приведите пример структурной схемы фазового модулятора, реализующего косвенный метод, который основан на преобразовании АМ в ФМ. Каковы достоинства и недостатки такой схемы модулятора?
- 5) Приведите пример принципиальной схемы частотно-модулированного генератора (ЧМГ), в котором реализуется прямой метод ЧМ. Какие факторы обуславливают нелинейность зависимости частоты генерации от управляющего напряжения? Каковы способы обеспечения линейности этой характеристики?

### **ПЗ №10 «Формирование манипулированных сигналов»**

- 1) Какие виды манипуляции (телеграфии) используются в морской радиосвязи?
- 2) Изобразите временные диаграммы радиосигналов с классами излучения А1А, А2А, Н2А, F1В, G1В, J2В, G2В.
- 3) Каким образом осуществляется амплитудная манипуляция? Приведите примеры схем амплитудных манипуляторов?
- 4) Каковы способы осуществления частотной манипуляции?
- 5) Поясните принцип формирования радиосигнала с классом излучения F1В с разными скоростями телеграфирования, реализованный в унифицированном возбuditеле «Норд».
- 6) Как осуществляется двухпозиционная фазовая манипуляция? Приведите пример схемы фазового манипулятора.
- 7) Каковы функции FSK-модема, используемого в радиоустановках ГМССБ для передачи дискретных сообщений?

### **3.3 Типовые задания к контрольным работам**

#### **3.3.1 Задания на контрольную работу № 1**

Ответить на соответствующие контрольные вопросы из группы А и группы Б, выполнить задачи №1 и №2.

#### **Контрольные вопросы**

##### **Группа А**

0. Изобразите временные диаграммы и амплитудные спектры радиосигналов, соответствующих классам излучения А1А, А2А, Н2А, а также F1В и G1В. Укажите особенности использования радиосигналов с А2А, Н2А и соображения по выбору частоты тона. Как определяется НШПИ для всех вышеперечисленных классов излучения?
1. Опишите временные и частотные свойства радиосигналов с однополосной амплитудной модуляцией, соответствующих классам излучения J3Е, Н3Е, R3Е, J8Е, R8Е. Укажите, как для них определяется НШПИ.
2. Изобразите характер изменения динамических характеристик БАЭ, форма напряжений и токов БАЭ в ГВВ с избирательной нагрузкой, настроенной на частоту возбуждения, если амплитуда гармонического напряжения возбуждения изменяется. Постройте соответствующие графики зависимости токов  $I_{k0}$ ,  $I_{k1}$ , а также энергетических показателей ГВВ от амплитуды напряжения возбуждения и сделайте к ним пояснение.

- Дайте рекомендации по выбору режима работы БЭО и угла отсечки для усиления радиосигналов с амплитудной или однополосной модуляцией.
3. Постройте динамические характеристики, формы напряжений и токов БАЭ в резонансном ГВВ с избирательной нагрузкой, настроенной на частоту возбуждения, если напряжение смещения (или питания) изменяется. Постройте соответствующие графики зависимости токов  $I_{к0}$ ,  $I_{к1}$ , а так же энергетических показателей от напряжения смещения (или питания) и сделайте к ним пояснения. Дайте рекомендации по выбору режима работы БАЭ для осуществления в ГВВ АМ смещением (или анодной/коллекторной АМ).
  4. Изобразите формы импульсов выходного и входного токов БАЭ в ГВВ при гармоническом возбуждении для недонапряжённого, граничного, слабо- или сильноперенапряжённого режимов работы ГВВ. Поясните, в чём заключается особенности гармонического анализа периодической последовательности таких импульсов. Запишите выражения, определяющие амплитуду n-й гармоники выходного тока БАЭ для каждого из режимов работы ГВВ.
  5. Изобразите схему замещения мощного биполярного транзистора, учитывающего инерционные явления, происходящие в нем. Поясните физический смысл элементов схемы замещения. Запишите уравнения кусочно-линейной модели транзистора и дайте им соответствующие пояснения.
  6. Изобразите формы токов и напряжений на эмиттерном переходе для транзистора в ГВВ с избирательной нагрузкой при возбуждении гармоническим напряжением, когда инерционные явления проявляются. Покажите, как изменяется форма этих токов и напряжений от частоты возбуждения. Какие условия необходимо соблюдать, чтобы инерционные явления в транзисторе практически не проявлялись?
  7. В чём заключаются особенности гармонического анализа токов транзистора с учётом инерционных явлений по сравнению с соответствующим гармоническим анализом для БАЭ в ГВВ с избирательной нагрузкой при возбуждении гармоническим напряжением (для случаев недонапряжённого и граничного режимов)? Изобразите соответствующие формы импульсов выходного (коллекторного) тока и запишите аналитические выражения для амплитуды n-й гармоники выходного (базового) тока?
  8. Изобразите формы токов и напряжений в АЭ для ГВВ, работающего в ключевом режиме. Пользуясь энергетическими показателями ГВВ, покажите, что ключевой режим работы ГВВ энергетически эффективен. Что ограничивает достижение электронного КПД ключевого ГВВ равного единице?
  9. Поясните, каким образом используется высшие гармоники для повышения энергетических показателей ГВВ (бигармонические и полигармонические генераторы). Как в таких генераторах подбираются соотношения между амплитудами гармоник, угол отсечки выходного тока?



### Группа Б

0. Изобразите принципиальную электрическую схему лампового ГВВ с одноконтурной цепью связи с нагрузкой, с параллельной схемой питания анодной цепи и последовательной схемой питания сеточной цепи. Поясните назначение элементов и условия выбора их значений.
1. Изобразите принципиальную электрическую схему транзисторного усилителя мощности с цепями связи в виде трансформирующих четырёхполюсников с параллельной схемой питания коллекторной цепи и  $E_b=0$ . Поясните назначение элементов схемы и условий выбора их значений.
2. Приведите пример принципиальной электрической схемы ГВВ с избирательной нагрузкой, в котором осуществляется параллельное включение двух транзисторов. В чём заключается особенности работы и расчёта этой схемы? Поясните назначение элементов схемы и условия выбора их значений.
3. Приведите пример принципиальной электрической схемы ГВВ с избирательной нагрузкой, в которой осуществляется последовательное (двухтактное) включение двух транзисторов. В чём заключается особенности работы и расчёта этой схемы? Поясните назначение элементов схемы и условия выбора их значений?
4. Приведите примеры схем синфазно-противофазных и квадратурных мостовых устройств различных диапазонов частот на элементах с сосредоточенными и распределёнными параметрами. Укажите, как выполняется в этих схемах условия разрядки между ГВВ при сложении их мощностей.
5. Изобразите принципиальную электрическую схему скорректированного широкополосного усиления мощности (ШУМ) на электронной лампе с выходной цепью связи в виде полосового фильтра (ПФ) 3-го порядка. Укажите, в чём заключаются ограничения Боде для такого ШУМ. Как обеспечивается трансформация сопротивлений в ПФ с помощью преобразований Нортгона?
6. В чём заключаются особенности построения транзисторных скорректированных ШУМ? Изобразите принципиальную схему двухтактного ШУМ на транзисторах с цепями коррекции и отрицательной обратной связью, если симметрирующие устройства выполнены на основе ТДЛ. Из каких условий осуществляется выбор значений элементов схемы?
7. Приведите пример схемы ключевого генератора, который возбуждается напряжением меандровой формы и на выходе которого выделяется гармоническое напряжение с частотой возбуждения. Поясните назначение элементов схемы и условия выбора их значений.
8. Изобразите принципиальную электрическую схему транзисторного умножителя частоты (УЧ) активного типа, с кратностью  $N=3$ , в котором применены цепи связи в виде трансформирующих четырёхполюсников и дополнительные цепи, позволяющие подавлять нежелательные гармоники. Поясните назначение элементов схемы и условия выбора режима работы АЭ и значения элементов схемы. Чем ограничивается максимальная кратность умножения частоты в УЧ активного типа?

9. Приведите пример схемы бигармонического ГВВ, в котором дополнительно используется 3-я гармоника выходного напряжения. Поясните назначение элементов и условия набора режима работы АЭ и значений элементов схемы. Какой выигрыш в электронном КПД можно получить в бигармоническом ГВВ по сравнению с резонансным ГВВ?

Задача №1

Выполнить инженерный расчёт генератора с внешним возбуждением (ГВВ) (усилителя мощности или умножителя частоты). Исходные данные для расчёта приведены в табл. 1.

В процессе выполнения задачи необходимо:

1. Выбрать по справочнику тип активного элемента АЭ (транзистора или электронной лампы), который обеспечит заданную мощность на работе частоте.
2. Произвести расчёт электрического режима работы ГВВ для случая граничного режима ( $\theta = \theta_{гр}$ ).
3. Рассчитать и построить нагрузочные характеристики ГВВ для эквивалентных сопротивлений нагрузки АЭ, соответствующих  $\theta = 0,25; 0,5; 1$ . Дать пояснение к этим характеристикам.
4. Выбрать схему высокочастотной цепи связи АЭ с нагрузкой и произвести её расчёт для случая граничного режима работы ГВВ.
5. Рассчитать величины разделительных и блокировочных элементов.
6. В соответствии с выполненным расчётом составить принципиальную электрическую схему ГВВ с указанием номиналов элементов и питающих напряжений с включением измерительных приборов для измерения постоянных составляющих входного и выходного тока АЭ.

Рекомендации:

1. При выборе АЭ для умножителя частоты необходимо учитывать, что мощность АЭ при усилении мощности (указывается в справочных данных) практически в  $N$  раз превышает мощность на  $N$ -й гармонике.
2. При отсутствии подходящих по мощности АЭ рекомендуется использовать последовательное (двухтактное) или параллельное включение АЭ (с учётом рабочей частоты). Предпочтительным считается использование в качестве АЭ транзисторов.
3. При расчёте нагрузочных характеристик полагать, что напряжение возбуждения, питания и смещения остаются неизменными и соответствующими граничному режиму.
4. В качестве высокочастотной цепи связи АЭ с нагрузкой рекомендуется использовать в зависимости от относительной полосы пропускания трансформирующие четырёхполосники или полосовые фильтры.

Таблица 1 - Исходные данные к задаче №1

Последняя цифра шифра	Мощность в нагрузке $P_n$ , Вт	Кратность Умножения Частоты N	Сопротивление нагрузки $R_n$ , Ом	Предпоследняя цифра шифра	Выходная рабочая частота $f_0$ МГц	Относительная полоса пропускания $\frac{\Delta f}{f_0}$ , %	Относительный уровень побочных колебаний, дБ
0	4	3	30	0	1,8	12	-30
1	50	1	40	1	102	8	-42
2	6	3	50	2	3,6	10	-25
3	80	1	60	3	120	5	-45
4	8	2	70	4	6,2	15	-28
5	100	1	75	5	156	4	-40
6	10	3	80	6	12,6	20	-32
7	150	1	90	7	162	6	-48
8	20	2	100	8	17,4	30	-36
9	200	1	150	9	22,8	40	-26

### Задача №2

Выполнить расчёт широкополосного усилителя мощности по схеме с распределённым усилением (УРУ). Исходные данные для расчёта приведены в табл. 2.

В процессе выполнения задачи необходимо:

- 1) Произвести выбор типа и числа АЭ (генераторных тетродов, пентодов), а также тип выходной линии УРУ (однородная, неоднородная, комбинированная).
- 2) Выполнить расчёт электрического режима работы УРУ, стремясь обеспечить максимальный электронный КПД УРУ.
- 3) Произвести электрический расчёт линий УРУ, используя для лучшего согласования линий с нагрузками и возбуждающим источником (каскадом) согласующие полувзвёнья.
- 4) Произвести расчёт широкополосных согласующих трансформаторов, если предусмотрено их использование во входной или выходной линии УРУ.
- 5) Рассчитать величины разделительных и блокировочных элементов.
- 6) Составить полную принципиальную электрическую схему УРУ с цепями питания с указанием номиналов элементов и питающих напряжений.

Рекомендации:

1. При широких полосах рабочих частот наибольший КПД обеспечивает схема УРУ с комбинированной выходной линией, поэтому её применение предпочтительно.

2. Широкополосные трансформаторы следует применять в двухтактных схемах УРУ, а также и в одноктактных схемах, если не удаётся обеспечить необходимую трансформацию сопротивлений только за счёт линий.

Таблица 2 - Исходные данные к задаче №2

Последняя цифра шифра	Мощность в нагрузке $R_n$ , Вт	Вариант схемы УРУ	Сопротивление нагрузки $R_n$ , Ом	Предпоследняя цифра шифра	Диапазон рабочих частот, $f_H, f_B$ МГц	Входное сопротивление, $R_{вх}$ , Ом
0	1800	1	150	0	1...20	300
1	1600	2	140	1	1,5...30	250
2	1500	1	130	2	4...26	200
3	1200	2	120	3	3...28	180
4	1000	1	100	4	1,6...27	150
5	800	2	80	5	2...23	120
6	600	1	75	6	1,5...28	100
7	400	2	70	7	1...25	80
8	200	1	60	8	3...30	75
9	100	2	50	9	4..29	50

Примечание.

Варианты схемы УРУ: 1-одноктактная; 2-двухтактная.

### 3.4 Типовые лабораторные задания и контрольные вопросы по выполнению и защите лабораторных работ

#### Лабораторная работа №1 «Исследование генератора с внешним возбуждением»

##### Лабораторное задание:

- 1) Снять зависимости постоянных составляющих коллекторного и базового токов транзистора от величины напряжения периодического возбуждения при двух значениях смещения;
- 2) Снять зависимости постоянных составляющих коллекторного и базового токов транзистора от величины напряжения смещения при двух значениях напряжения возбуждения;

- 3) Снять зависимости частотных составляющих коллекторного и базового токов транзистора от величины напряжения коллекторного питания при двух значениях напряжения возбуждения или смещения.

**Контрольные вопросы:**

- 1) Изобразите графически с помощью динамической характеристики АЭ форму импульсов коллекторного тока при изменении амплитуды напряжения гармонического возбуждения для случаев недонапряженного (НР), граничного(ГР) и перенапряженного режимов работы АЭ для случая, когда  $E_b=0$
- 2) Постройте качественно графики зависимости постоянной составляющих и 1-й гармоники коллекторного тока АЭ, а также энергетических показателей ( $P_o, P, P_{рк}, \tau^t$ ) от амплитуды напряжения возбуждения.
- 3) Какими должны быть напряжения смещения и угол отсечки коллекторного тока и режим работы АЭ для наиболее линейного \* амплитудно-модулированных и однополосных радиосигналов.
- 4) Изобразите графически с помощью динамической характеристики АЭ форму импульсов коллекторного тока при изменении напряжения смещения для случаев НР, ГР и ПР работы АЭ.
- 5) Постройте качественные графики зависимости постоянной составляющей и 1-й гармоники коллекторного тока АЭ, а также энергетических напряжений от величины напряжения смещения.
- 6) Дайте рекомендации по выбору режима работы АЭ, угла отсечки, начального смещения, начальной амплитуды модулирующего напряжения при осуществлении базовой АМ.
- 7) Каковы достоинства и недостатки базовой АМ? В каких \* РПУ её целесообразно использовать?
- 8) Изобразите графически с помощью динамической характеристики АЭ формы импульсов коллекторного тока при изменении напряжения коллекторного питания для НР, ГР и ПР режимов работы АЭ.
- 9) Постройте качественно зависимости постоянной составляющей и 1-й гармоники коллекторного тока АЭ, а также энергетический показателей от величины напряжения коллекторного питания.
- 10) Дайте рекомендации по выбору режима работы АЭ, угла отсечки, начального напряжения коллекторного питания, максимальной амплитуды модулирующего напряжения при осуществлении коллекторной АМ.
- 11) Каковы достоинства и недостатки коллекторной АМ? В каких каскадах РПУ её целесообразно использовать?

**Лабораторная работа №2 «Исследование широкополосного транзисторного усилителя мощности»**

**Лабораторное задание:**

- 1) Снять амплитудно-частотную характеристику усилителя в заданном диапазоне частот при разных нагрузках.
- 2) Снять амплитудную характеристику усилителя на двух заданных рабочих частотах.

**Контрольные вопросы:**

- 1) Какие причины ограничивают широкополосность транзисторных усилителей мощности (ШТУМ)?

- 2) Приведите примеры способов, которые обеспечивают широкополосность ШТУМ.
- 3) Каково назначение сопротивления, шунтирующего базовую цепь транзистора в 1-м каскаде, а также RL-цепях в базовых цепях транзисторов 2-го каскада усиления?
- 4) Какие функции выполняют в схеме ШТУМ транзисторного типа длинной линии?
- 5) В каких режимах и с какими углами отсечки работают транзисторы в 1-м и 2-м каскадах ШТУМ?
- 6) Каковы достоинства двухтактной схемы, по которой построен 2-й каскад ШТУМ?
- 7) Чем обусловлены нелинейные искажения в ШТУМ? Какие существуют способы их оценки и уменьшения?

### **Лабораторная работа №3 «Исследование LC- автогенераторов»**

#### **Лабораторное задание:**

- 1) Экспериментально снять диаграммы срыва колебаний в заданной схеме LC-автогенератора при уменьшении смещения;
- 2) Снять зависимость показателей LC-автогенератора от управляющего напряжения;
- 3) Исследовать зависимость показателей LC-автогенератора от напряжения коллекторного питания транзистора;
- 4) Оценить влияние на показатели LC-автогенератора изменения времени задержки элемента задержки, вводимого в цепь обратной связи.

#### **Контрольные вопросы:**

- 1) Каким требованиям должны удовлетворять реактивные сопротивления элементов колебательной системы LC-автогенератора для обеспечения генерации на заданной частоте?
- 2) Запишите уравнение структурного режима LC-автогенератора и условия баланса амплитуд и фаз.
- 3) В чём заключаются условия устойчивости колебательного LC-автогенератора по амплитуде и фазе?
- 4) Поясните физический смысл диаграммы срыва колебаний LC-автогенератора.
- 5) Покажите теоретический характер зависимости показателей LC-автогенератора от управляющего напряжения.
- 6) В чём заключаются причины нелинейной зависимости частоты генерации от управляющего напряжения? Какие способы позволяют обеспечить её линейность?
- 7) Обоснуйте теоретически зависимость искажений LC-автогенератора от изменения напряжения коллекторного питания.
- 8) Как изменяются параметры LC-автогенератора при увеличении времени задержки в цепи обратной связи?
- 9) Чем обусловлено прерывистая генерация в LC-автогенератора? Как рекомендуется выбирать значения элементов цепи автоматического смещения, чтобы прерывистая генерация не возникала?

## **Лабораторная работа №4 «Исследование синтезаторов частоты на основе ИФАПЧ»**

### **Лабораторное задание:**

- 1) Снять зависимость синтезируемой частоты на выходах всех трёх синтезаторов частоты СЧ от изменения коэффициента деления частоты с переменным коэффициентом деления (ДПКД).
- 2) Определить среднее значение шага сетки частот всех трёх СЧ.
- 3) Произвести экспериментальную оценку нестабильности частоты всех трёх СЧ при заданном значении коэффициента деления ДПКД.

### **Контрольные вопросы:**

- 1) Поясните принципы построения и работы СЧ на основе системы импульсно-фазовой автоподстройки частоты.
- 2) Запишите уравнение синтеза частот в таком СЧ. Чем определяется шаг сетки частот и граничные значения синтезируемой частоты?
- 3) Определите параметры элементов СЧ на основе ИФАПЧ, чтобы получить диапазон синтезируемых частот 100...150 МГц с шагом 25кГц.
- 4) Каким образом в СЧ на основе ИФАПЧ можно получить шаг сетки частот 10 или 100 Гц при частоте сравнения более 1 кГц?
- 5) Какие факторы оказывают влияние на кратковременную и долговременную нестабильность?
- 6) Как количественно оценивается абсолютная и относительная кратковременная и долговременная нестабильность частоты?

## **Лабораторная работа № 5 «Исследование формирования радиосигналов с однополосной амплитудной модуляцией (ОАМ)»**

### **Лабораторное задание:**

- 1) Изучить принципы построения и работы унифицированного возбудителя «НОРД» судовых РПУ «Бриг-2», «Корвет-2» при формировании классов излучения J3E, R3E, и H3E.
- 2) Исследовать форму и спектр напряжений на входе и выходе блока однополосной модуляции.
- 3) Произвести измерение значений поднесущих частот и рабочей частоты радиосигнала с ОАМ при заданной установке рабочей частоты РПУ.

### **Контрольные вопросы:**

- 1) Опишите свойства радиосигналов с ОАМ для классов излучения J3E, R3E, и H3E. Как определяется для них необходимая ширина полосы излучения (НШПИ)?
- 2) Какие существуют методы формирования радиосигналов с ОАМ? Поясните их сущность.
- 3) Приведите структурную схему формирователя радиосигналов с ОАМ, реализующую фильтровый метод, и поясните с помощью спектограмм принцип её работы
- 4) Из каких соображений выбираются частоты первой поднесущей и остальных частот в возбудителе интерполяционного типа? Приведите примеры частотных планов таких возбудителей.
- 5) Изобразите схему балансного модулятора и поясните принцип его работы.

б) Какие требования предъявляются к электромеханическим фильтрам, используемым в формирователе фильтрового типа, в случае передачи речи и сообщений ЦИВ или УБПЧ?

### **Лабораторная работа № 6 «Исследование формирователя фазомодулированных радиосигналов в передатчике радиостанции «Рейд-1»**

#### **Лабораторное задание:**

- 1) На заданной рабочей частоте снять динамическую характеристику фазового модулятора для двух заданных значений частоты модуляции;
- 2) Снять частотную модуляционную характеристику фазового модулятора для двух заданных значений модулирующего напряжения;
- 3) При заданных значениях частоты и напряжения модулирующего колебания измерить девиацию частоты и коэффициенты паразитной АМ в разных контрольных точках блока фазовой модуляции.

#### **Контрольные вопросы:**

- 1) Укажите назначение и основные технические данные радиостанции «Рейд-1»
- 2) Какой метод формирования радиосигнала с фазовой модуляцией используется в передатчике радиостанции? Поясните его сущность.
- 3) Какой вид электрической цепи используется в качестве управляемого фазовращателя? С помощью амплитудно-частотной и фазо-частотной характеристики этой цепи поясните принцип работы фазового модулятора.
- 4) В чём заключается достоинства и недостатки такого фазового модулятора? Чем ограничивается максимальное значение девиации частоты?
- 5) Найдите аналитическое выражение для динамической модуляционной характеристики (ДМХ) идеального фазового модулятора, постройте её зависимость для двух значений частоты модуляции.
- 6) Сравните экспериментальные и идеальные ДМХ и укажите, почему проявляется нелинейность в реальных ДМХ.
- 7) Найдите аналитическое выражения для частотной модуляционной характеристики (ЧМХ) идеального фазового модулятора, постройте её зависимость для двух значений модулирующего напряжения.
- 8) Почему экспериментальные ЧМХ отличаются от идеальных? Какие элементы схемы фазового модулятора ограничивают ЧМХ в области низких высоких модулирующих частот?
- 9) Каковы принципы появления паразитной амплитудной модуляции при формировании радиосигнала с фазовой модуляцией? Каким способом её устраняют или ослабляют?
- 10) Как изменяется индекс модуляции и девиация частоты радиосигнала с фазовой модуляцией при его прохождении через каскады умножения частоты?

### **Лабораторная работа № 7 «Исследование формирования радиосигналов с частотной модуляцией (ЧМ)»**

#### **Лабораторное задание:**

- 1) Изучить прямые и косвенные методы формирования радиосигналов с ЧМ.
- 2) Исследовать зависимость частоты частотно-модулированного генератора (ЧМГ) от управляющего напряжения на варикапе.



- 3) Исследовать способы стабилизации средней частоты колебания на выходе ЧМГ.

**Контрольные вопросы:**

- 1) Поясните сущность прямого и косвенного метода формирования радиосигналов с ЧМ. В чём заключаются достоинства и недостатки этих методов?
- 2) Какими способами может осуществляться изменение частоты ЧМГ?
- 3) Поясните их сущность
- 4) Изобразите качественную зависимость девиации частоты радиосигнала с ЧМ от амплитуды и частоты модулирующего колебания для случая тональной ЧМ.
- 5) Какие существуют способы стабилизации средней частоты колебания ЧМГ? Какова их сущность?
- 6) Изобразите структурную схему стабилизации средней частоты колебания ЧМГ, использующую систему ФАПЧ или ИФАПЧ. Приведите примеры построения возбuditелей, в которых реализуется такой способ.
- 7) Почему в УКВ радиостанциях морской подвижной службы используется ЧМ с предискажением +6 дБ/окт?

**Лабораторная работа № 8 «Изучение радиопередающего устройства радиостанции ПВ/КВ диапазона»**

**Лабораторное задание:**

- 1) Изучить назначение, состав, основные технические характеристики судовой радиостанции «Ангара-РБ».
- 2) Изучить способы формирования радиосигналов с классами излучения J3E, H3E и A1A.
- 3) Изучить частотный план возбuditеля интерполяционного типа и принципы построения и работы синтезаторов частоты.
- 4) Изучить особенности схмотехники тракта усиления мощности передатчика радиостанции «Ангара-РБ».
- 5) Изучить особенности схмотехники блока фильтров гармоник и антенного согласующего устройства.

**Контрольные вопросы:**

- 1) Поясните способы формирования радиосигналов в передатчике радиостанции «Ангара-РБ».
- 2) В чём заключается отличие в формировании радиосигналов с классами излучения J3E и H3E?
- 3) Запишите частотный план возбuditеля и укажите на его достоинства и недостатки.
- 4) Поясните особенности тракта усиления мощности, а также схмотехники блока усиления высокой частоты (УВЧ).
- 5) Какие методы обеспечения широкополосности используются в каскадах усиления мощности блока УВЧ.
- 6) Каковы назначение и схмотехника фильтров гармоник, входящих в блок автоматического согласующего устройства (АСУ)?
- 7) Каковы назначение и особенности построения антенного согласующего устройства, входящего в блок АСУ?

- 8) Каковы назначения датчиков модуля сопротивления и фазы, трансформатора связи и антенного контура в схеме антенного согласующего устройства?

### **Лабораторная работа № 9 «Изучение радиопередающего устройства радиостанции УКВ диапазона»**

#### **Лабораторное задание:**

- 1) Изучить назначение, состав, основные технические характеристики судовой УКВ радиостанции RT-2048 фирмы S.P.Radio (Дания).
- 2) Изучить сущность метода формирования радиосигнала с классами G3E и G2B.
- 3) Изучить принципы построения и работы синтезатора частоты, определяющего рабочую частоту передатчика.
- 4) Изучить особенности построения и работы тракта радиочастоты передатчика.

#### **Контрольные вопросы:**

- 1) Поясните сущность косвенных методов формирования радиосигналов с фазовой манипуляцией (ФМ).
- 2) Каково назначение элементов в тракте звуковой частоты возбуждителя? Как выбираются их параметры?
- 3) Каким образом осуществляется синтез рабочей частоты передатчика? Запишите соответствующее уравнение синтеза частот.
- 4) На примере синтеза рабочих частот  $f_1=156,575$  МГц и  $f_2=157,250$  МГц покажите, как будут устанавливаться коэффициенты деления частоты в ДПКД и ДДПКД.
- 5) Каковы особенности схемотехники тракта радиочастоты передатчика?
- 6) Каково назначение направленного ответвителя на линиях передачи и ФНЧ на выходе передатчика?
- 7) Поясните принципы построения и работы устройства защиты транзистора выходного усилителя мощности от перегрузки, стабилизации выходной мощности и обеспечения режима пониженной мощности на выходе передатчика.

### **3.5 Типовые задания по курсовому проектированию**

- 1) Выделить аналоги проектируемому радиопередающему устройству (РПУ) и выбрать из них РПУ - прототип.
- 2) Рассмотреть назначение и основные технические характеристики РПУ-прототипа.
- 3) Описать особенности структурной схемы РПУ- прототипа и особенности схемотехники его основных элементов (возбудитель, тракт усиления мощности, фильтры гармоник и т.д.).
- 4) Указать на достоинства и недостатки РПУ- прототипа и на схемотехнические решения, которые целесообразно использовать в проектируемом РПУ.
- 5) Изучить международные и национальные нормативные документы, относящиеся к проектируемому РПУ, и уточнить требования к проектируемому РПУ.
- 6) Разработать обобщённую структурную схему проектируемого РПУ, указать назначение и функции её элементов, на их взаимодействие.

- 7) Выполнить предварительный энергетический расчёт тракта радиочастоты (ТРЧ) проектируемого РПУ, выбрать типы каскадов усиления мощности и типы активных элементов.
- 8) Распределить неравномерность амплитудно-частотной характеристики ТРЧ по каскадам при общей неравномерности в ЗДБ.
- 9) При необходимости выбрать тип антенного согласующего устройства и определить требования к нему.
- 10) Составить и описать полную функциональную схему ТРЧ проектируемого РПУ и оценить требования к её элементам.
- 11) Разработать и описать структурную схему возбуждителя проектируемого РПУ. Обосновать выбор частотного плана возбуждителя.
- 12) Спроектировать функциональную схему синтезатора частоты, записать его уравнения синтеза частот и определить параметры элементов.
- 13) Для возбуждителя интерполяционного типа привести функциональную схему линейного тракта, соответствующую выбранному частотному плану возбуждителя.
- 14) Разработать функциональную схему блока формирователя радиосигналов и определить требования к её элементам.
- 15) Составить полную функциональную схему проектируемого РПУ в виде чертежа.
- 16) Спроектировать принципиальные электрические схемы каскадов ТРЧ (антенного согласующего устройства, фильтр гармоник, усилителя мощности, предоконечного предварительного усилителя мощности).
- 17) Обосновать выбор схемы генератора управляемого напряжения (ГУН) синтезатора частоты и произвести её расчёт.
- 18) Составить общую принципиальную электрическую схему спроектированных каскадов ТРЧ и ГУН синтезатора частоты в виде чертежа.
- 19) Разработать спецификацию к чертежу с принципиальной электрической схемой РПУ.
- 20) Описать предполагаемую конструкцию спроектированного РПУ.
- 21) Разработать и описать конструкцию заданного нестандартного узла из спроектированных на уровне принципиальной электрической схемы.
- 22) Выполнить чертёж разработанного нестандартного узла в двух проекциях.

### **3.6 Методические материалы, определяющие процедуры использования оценочных средств**

#### **Критерии выставления оценок за лабораторные работы:**

Оценка «отлично» выставляется, если курсант показал глубокие знания и понимание программного материала по теме лабораторной работы, умело увязывает лекционный материал с практикой, грамотно и логично строит ответ на контрольные вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется, если курсант твердо знает программный материал по теме лабораторной работы, грамотно его излагает, не допускает существенных неточностей в ответе на контрольные вопросы. Правильно применяет полученные знания при решении практических вопросов.

Оценка «удовлетворительно» выставляется, если курсант имеет знания только основного материала по поставленным контрольным вопросам, но не усвоил его деталей, для принятия правильного решения требует наводящих

вопросов, допускает отдельные неточности или недостаточно четко излагает учебный материал по теме лабораторной работы.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если курсант допускает грубые ошибки в ответе на контрольные вопросы, не может применять полученные знания на практике.

#### **Критерии выставления оценок за самостоятельную работу**

Оценка «отлично» выставляется, если курсант (студент) свободно ориентируется в теме самостоятельной работы, грамотно отвечает на все вопросы по теме СР.

Оценка «хорошо» выставляется, если курсант (студент) знает материал темы СР, но допускает неточности в ответах на некоторые вопросы.

Оценка «удовлетворительно» выставляется, если курсант (студент) не полностью знает материал темы СР, допускает неточности в ответах на вопросы.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если курсант (студент) не владеет материалом темы СР и не способен отвечать на поставленные вопросы.

#### **Критерии выставления оценок за контрольную работу**

Оценка "отлично" выставляется студенту, если он без ошибок решил обе задачи контрольной работы, грамотно ответил на вопросы из группы А и группы Б, ответил грамотно на поставленные вопросы при защите контрольной работы.

Оценка "хорошо" выставляется студенту, если он без ошибок решил обе задачи контрольной работы, грамотно ответил на вопросы из группы А и группы Б, но при ответе на поставленные вопросы допускал некоторые неточности.

Оценка "удовлетворительно" выставляется студенту, если он решил обе задачи и ответил на вопросы из группы А и группы Б, допуская неточности, при ответе на поставленные вопросы допускал ошибки.

Оценка "неудовлетворительно" выставляется студенту, если он выполнил контрольную работу по чужому варианту, или не решил одну из задач и не ответил на один из вопросов группы А или Б, или не ответил ни на один из поставленных вопросов.

#### **Критерии выставления оценок за курсовой проект:**

Оценка «отлично» выставляется, если курсант свободно увязывает принятые им способы решения поставленных задач с теоретическими положениями, легко ориентируется в написанном им тексте, работа оформлена технически грамотно.

Оценка «хорошо» выставляется, если курсант может обосновать применённые способы решения задач, но может допускать мелкие ошибки, свободно понимает, как их можно исправить, работа оформлена в основном технически грамотно.

Оценка «удовлетворительно» выставляется, если курсант увязывает принятые им способы решения поставленных задач с теоретическими положениями посредством наводящих вопросов, иногда с затруднениями понимает, как можно исправить мелкие ошибки, имеются погрешности в оформлении работы.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если выясняется, что курсант выполнил курсовой проект формально, без понимания принципов решения поставленных задач, не ориентируется в написанном им тексте, при защите не понимает, как исправить допущенные ошибки.

#### **Критерии выставления оценок за экзамен:**

Оценка «отлично» выставляется, если курсант показал глубокие знания и

понимание программного материала по поставленному вопросу. умело увязывает его с практикой, грамотно и отлично строит ответ, быстро принимает оптимальные решения при решении практических вопросов и задач.

Оценка «хорошо» выставляется, если курсант твердо знает программный материал, грамотно его излагает, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет полученные знания при решении практических вопросов и задач.

Оценка «удовлетворительно» выставляется, если курсант имеет знания только основного материала по поставленному вопросу, но не усвоил деталей, требует в отдельных случаях наводящего вопроса для принятия правильного решения, допускает отдельные неточности;

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если курсант допускает грубые ошибки в ответе на поставленный вопрос, не может применить полученные знания на практике.

## 4 Перечень типовых вопросов и заданий для промежуточной и итоговой аттестации по дисциплине

### 4.1 Перечень типовых вопросов к зачету по дисциплине «Формирование и передача сигналов»

1. Какие радиотехнические устройства относятся к устройствам формирования и передачи сигналов? Поясните их назначение.
2. Классифицируйте радиосигналы с различными видами непрерывной и импульсной модуляции. В чем заключается их особенности?
3. Для случая тональной импульсной модуляции изобразите временные диаграммы сигналов с АИМ, ШИМ и ВИМ.
4. Запишите выражение для радиосигнала с амплитудной модуляцией (АМ). Укажите, как определяется глубина модуляции на примере временной диаграммы радиосигнала при тональной АМ.
5. Изобразите амплитудный спектр АМ-радиосигнала для случаев тональной модуляции и произвольного модулирующего сигнала. Как определяется необходимая ширина полосы излучения (НШПИ) АМ – радиосигнала?
6. Запишите общие выражения для радиосигнала с угловой модуляцией. Покажите, в чем заключается схожесть и различие радиосигналов с фазовой (ФМ) и частотной модуляцией (ЧМ).
7. Какой смысл имеют такие параметры радиосигналов с угловой модуляцией, как индекс модуляции и девиация частоты? Как эти параметры зависят от амплитуды и частоты модулирующего сигнала?
8. Что представляет собой спектр радиосигнала при тональной угловой модуляции? Как определяется амплитуда каждой составляющей в этом спектре? Изобразите амплитудные спектры для  $m=2$  и  $m=4$ .
9. Как определяется НШПИ радиосигнала при тональной угловой модуляции? Как она зависит от частоты модуляции для ФМ и ЧМ?
10. Какова система обозначения классов излучения (КИ) радиосигналов? Поясните смысл всех символов в обозначениях КИ. Привести примеры обозначений КИ.
11. Поясните смысл следующих полных обозначений КИ: 200HA1AAN; 1K20H2AAN; 2K35J3EJN; 300HJ2BCN; 16K0G3EJN.

12. Изобразите временные диаграммы радиосигналов с КИ: А1А, А2А, Н2А, F1В и G1В для случаев, когда излучается буква “N” или кодовая комбинация вида 111010. Как определяется НШПИ для этих радиосигналов?
13. Изобразите амплитудные спектры радиосигналов с КИ А3Е, J3Е, Н3Е, R3Е J2В. Как определяется НШПИ для этих радиосигналов?
14. Поясните принцип построения и работы генератора с внешним возбуждения (ГВВ) на одном активном элементе (АЭ). Какие функции выполняет входная и выходная цепь связи?
15. Покажите, как определяются энергетические показатели ГВВ  $P_0$ ,  $P$ ,  $PP_k$ , зэ. Запишите уравнения баланса мощностей во входной и выходной цепях ГВВ.
16. Поясните, в чём заключаются особенности резонансных и ключевых ГВВ. Изобразите соответствующие временные диаграммы выходного тока и напряжения на выходных зажимах АЭ.
17. Изобразите динамические характеристики токов АЭ в резонансном ГВВ и укажите на них области недонапряженного и перенапряженного режимов работы АЭ.
18. Покажите, как изменяется форма импульса выходного тока АЭ при изменении амплитуды напряжения возбуждения. Как при этом изменяются  $I_{k0}$ ,  $I_{k1}$ ,  $I_{k2}$  и энергетические показатели ГВВ?
19. Изобразите форму импульсов выходного тока АЭ при изменении напряжения смещения в резонансном ГВВ. Как при этом изменяются  $I_{k0}$ ,  $I_{k1}$ ,  $I_{k2}$  и энергетические показатели ГВВ?
20. Покажите, как изменяется форма импульса выходного тока АЭ при изменении напряжения анодного (коллекторного) электропитания. Как при этом изменяются  $I_{k0}$ ,  $I_{k1}$ ,  $I_{k2}$  и энергетические показатели ГВВ?
21. Каким образом осуществляется гармонический анализ токов безынерционного АЭ методом угла отсечки? Запишите выражения для амплитуды n-ой гармоники выходного тока АЭ для случая недонапряженного и граничного режимов его работы.
22. Покажите, как определяется амплитуда n-ой гармоники выходного тока АЭ для случаев слабо и сильноперенапряженных режимов работы АЭ.
24. Дайте рекомендации по выбору режима работы АЭ и угла отсечки для обеспечения линейного усиления радиосигналов с АМ, ОАМ и с угловой модуляцией.

25. Как выбрать режим работы АЭ и угол отсечки для осуществления сеточной (базовой) модуляции смещением или анодной (коллекторной) АМ? Сравните энергетические показатели ГВВ при этих видах АМ.

26. Изобразите схемы замещения биполярного и полевого транзисторов и поясните физический смысл элементов, входящих в эти схемы. В чем причина инерционных явлений в транзисторах?

27. Запишите уравнения кусочно-линейной модели биполярного транзистора (БТ) и поясните смысл входящих в них параметров.

28. Изобразите временные диаграммы импульсов токов БТ при его работе в недонапряженном или граничном режимах с гармоническим возбуждением, когда проявляется инерция БТ.

29. Как определяется комплексная амплитуда  $n$ -ой гармоники коллекторного и базового токов БТ с учетом его инерционных свойств, а также комплексный коэффициент усиления тока  $n$ -ой гармоники?

30. Как изменяются формы импульсов токов БТ при увеличении рабочей частоты и постоянной времени входной цепи БТ?

31. Покажите, как зависят от рабочей частоты  $I_{k0}$ ,  $I_{k1}$ ,  $I_{B0}$ ,  $I_{B1}$ , а также энергетические показатели транзисторного резонансного ГВВ.

#### **4.2 Перечень экзаменационных вопросов и экзаменационных практических заданий по дисциплине по дисциплине «Формирование и передача сигналов»**

1. Назначение и область применения устройств формирования и генерирования радиосигналов, радиопередающих устройств (РПУ). Классификация РПУ.
2. Свойства радиосигналов с амплитудной и однополосной модуляцией (классы радиоизлучения А1А, А2А, Н2А, Н3Е, R3Е, J3Е, J2В, J7В.). Необходимая ширина полосы излучения для этих классов.
3. Свойства радиосигналов с угловой модуляцией (классы радиоизлучения F1В, G2В, F3Е, G3Е, G2В). Необходимая ширина полосы излучения для этих классов.
4. Основные принципы построения и работы устройств формирования, генерирования и передачи радиосигналов. Примеры структурных схем таких устройств. Основные радиотехнические процессы, происходящие в таких устройствах.



5. Нормирование параметров устройств формирования и передачи радиосигналов на международном, национальном и отраслевом уровнях. Основные нормативные документы и их содержание.
6. Принципы построения и работы генератора с внешним возбуждением (ГВВ). Соотношения между токами и напряжениями в ГВВ. Типы ГВВ.
7. Баланс мощностей в ГВВ. Энергетические показатели ГВВ. Пути повышения электронного КПД ГВВ. Особенности и достоинства ключевых генераторов.
8. Типы и области применения активных элементов (АЭ) в ГВВ. Понятие о безынерционности АЭ. Статические характеристики (СХ) АЭ и их аппроксимация. Особенности аппроксимации СХ электронных ламп и транзисторов.
9. Динамические характеристики (ДХ) АЭ при гармонических напряжениях на электродах. Классификация режимов работы ГВВ.
10. Анализ ГВВ в недонапряженном и граничном режимах. Соображения по выбору режима работы АЭ и угла отсечки. Условия граничного режима. Особенности анализа входной цепи ГВВ.
11. Анализ ГВВ в перенапряженном режиме (случаи слабо – и сильно перенапряженных режимов). Особенности гармонического анализа выходного и входного тока АЭ.
12. Влияние напряжений питания и возбуждения на работу ГВВ. Нагрузочные характеристики ГВВ. Рекомендации по выбору режимов работы ГВВ.
13. Особенности работы ГВВ на комплексную нагрузку. Комплексная схема замещения ГВВ. Векторные диаграммы токов и напряжений. Особенности ДХ и форм импульсов токов. Настраиваемые характеристики ГВВ при разных типах нагрузки.
14. Схемы замещений биполярного и полевого транзистора и их параметры. Кусочно-линейная модель транзистора и ее уравнения.
15. Анализ токов и напряжений транзистора при гармоническом возбуждении. Зависимость формы токов транзистора от частоты.
16. Гармонический анализ токов транзистора с учетом инерционных явлений. Точный и приближенный гармонический анализ коллекторного тока.
17. Особенности гармонического анализа тока базы. Зависимость токов и энергетических показателей транзисторного ГВВ от частоты.

18. Общие принципы построения ГВВ. Цепи питания ГВВ по постоянному току. Цепи канала ламповых ГВВ. Требования к элементам цепей питания ГВВ. Примеры схем ГВВ с цепями питания и контроля.
19. Требования к высокочастотным цепям связи ГВВ. Классификация цепей связи ГВВ. Общий подход к проектированию цепей связи ГВВ.
20. Одноконтурные и двухконтурные цепи связи ГВВ. Примеры схем ГВВ с одноконтурными и двухконтурными цепями связи.
21. Цепи связи ГВВ на основе трансформирующих четырехполосников. Примеры схем ГВВ с такими цепями связи.
22. Цепи связи ГВВ на основе фильтров нижних частот и полосовых фильтров. Примеры схем ГВВ с такими цепями связи.
23. Трансформация сопротивлений в цепях связи ГВВ. Преобразования Нортон. Применение трансформаторов. Трансформаторы типа «длинной линии» (ТДЛ). Примеры схем ГВВ с трансформацией сопротивлений.
24. Принципы построения схем ключевых генераторов (предварительных и выходных усилителей мощности). Примеры схем ключевых генераторов. Требования к элементам схем.
25. Классификация методов сложения мощностей и области их применения. Параллельное включение АЭ в ГВВ. Особенности расчета ГВВ с параллельным включением АЭ.
26. Последовательное (двухтактное) включение АЭ и ГВВ. Особенности расчета и возбуждения двухтактных схем ГВВ.
27. Мостовой метод сложения мощностей ГВВ. Анализ обобщенной мостовой схемы сложения мощностей двух ГВВ. Условия развязки между ГВВ.
28. Классификация мостовых устройств (МУ). Примеры построения МУ для сложения и разделения мощностей ГВВ. Широкополосные МУ на основе ТДЛ. Условия баланса мостов. Принципы построения ГВВ на основе МУ.
29. Блочно-модульный принцип построения мощных транзисторных усилителей. Сложение мощностей генераторов в пространстве. Принципы построения фазированных антенных решеток и радиопередающих комплексов.
30. Области применения и требования к широкополосным усилителям мощности (ШУМ). Классификация ШУМ. Основные ограничения на широкополосные свойства ламповых и транзисторных корректированных ШУМ.

31. Особенности построения скорректированных ШУМ на транзисторах. Транзисторные ШУМ с ТДЛ. Примеры схем.
32. Принципы построения и работы усилителя мощности с распределенным усилением (УРУ). Схемотехника искусственных длинных линий. Требования к элементам схемы УРУ.
33. Анализ УРУ с однородной выходной линией. Характер изменения напряжений на нагрузке, балластном сопротивлении, на выходных электродах АЭ. Достоинства и недостатки такой схемы УРУ.
34. Энергетические показатели УРУ с однородной выходной линией. Способы повышения энергетических показателей УРУ.
35. УРУ с неоднородной выходной линией. УРУ с комбинированной выходной линией. Законы изменения характеристического сопротивления звеньев линий и напряжений на выходных электродах АЭ.
36. Особенности работы УРУ в режиме с отсечкой. Способы уменьшения уровней высших гармоник на выходе УРУ.
37. ШУМ с отдельным усилением полос (УРП). Энергетические показатели и примеры схем УРП.
38. Требования, предъявляемые к автогенераторам (АГ). Классификация АГ. Обобщенная трехточечная схема АГ. Уравнения и условия стационарного режима АГ.
39. Условия самовозбуждения и устойчивости колебаний автогенератора (по амплитуде и частоте).
40. Принципы построения схем автогенераторов. Одноконтурные и многоконтурные схемы АГ. АГ с компенсацией инерционности АЭ. Примеры практических схем АГ.
41. Влияние дестабилизирующих факторов и изменений элементов схемы на частоту колебаний АГ. Основы статистического подхода к оценке нестабильности частоты АГ. Мгновенная и усредненная частота колебаний, их статистические характеристики.
42. Кратковременная и долговременная нестабильность частоты автогенераторов и их количественная оценка. Требования к нестабильности частоты РПУ.
43. Классификация методов стабилизации частоты. Параметрическая стабилизация частоты. Сущность методов термостабилизации и термокомпенсации.

44. Кварцевая стабилизация частоты. Кварц и его свойства. Схема замещения кварцевого резонатора и ее параметры. Классификация схем кварцевых автогенераторов.
45. Осцилляторные схемы кварцевых АГ. Анализ осцилляторной схемы кварцевого АГ. Примеры практических схем осцилляторных кварцевых АГ.
46. Фильтровые схемы кварцевых АГ. Примеры практических схем фильтровых АГ.
47. Особенности схем кварцевых АГ с использованием механических гармоник кварца.
48. Основные параметры синтезаторов частоты (СЧ). Методы синтеза дискретной сетки частот. Классификация СЧ. Принципы построения СЧ.
49. Синтезаторы частот прямого синтеза (пассивного типа). СЧ фильтрового типа. Примеры структурных схем селекторов гармоник и датчиков опорных частот возбuditелей судовых РПУ.
50. Синтезатор частоты на основе идентичных декад. Декадный преобразователь возбuditеля «Норд».
51. Синтезаторы частоты косвенного синтеза (активного типа). Компенсационные СЧ.
52. Синтезы частоты на основе ФАПЧ. СЧ возбuditеля «Норд».
53. Цифровые СЧ активного и пассивного типа. Цифровые СЧ на основе ИФАПЧ. Цифровой СЧ передатчика судовой радиостанции «Рейд-1».
54. Амплитудная модуляция (АМ) РПУ. Мощности при АМ. Классификация методов осуществления АМ. Примеры структурных схем РПУ с АМ. Особенности усиления АМ сигналов.
55. Сеточная (базовая) АМ смещением (основные соотношения, энергетические показатели, примеры схем, особенности расчета).
56. Анодная (коллекторная) АМ (основные соотношения, энергетические показатели, примеры схем, особенности расчета). Комбинированная (двойная) анодная (коллекторная) АМ.
57. Амплитудная модуляция генераторов на многоэлектронных лампах. Экранная, анодно-экранная и пентодная АМ (основные положения, примеры схем).
58. Особенности однополосной амплитудной модуляции (ОМ). Классы излучения РПУ с ОМ. Классификация методов формирования ОМ сигналов. Фильтровой метод формирования ОМ сигналов.

59. Фазокомпенсационный метод формирования ОМ сигналов.
60. Особенности усиления ОМ сигналов. Способы оценки и уменьшения нелинейных искажений в усилителях мощности ОМ сигналов. Принципы построения схем усилителей мощности ОМ сигналов. Метод Кана.
61. Классификация методов фазовой модуляции (ФМ). Прямые методы ФМ. Схемы фазовых модуляторов. Особенности ФМ в РПУ судовой радиостанции «Рейд-1».
62. Косвенные методы ФМ (на основе преобразования АМ в ФМ, ЧМ в ФМ и ВИМ в ФМ).
63. Прямой и косвенные методы частотной модуляции (ЧМ). Схема формирования ЧМ с автоматической подстройкой частоты.
64. Основные свойства телеграфных радиосигналов. Методы амплитудной манипуляции. Примеры схем амплитудных манипуляторов.
65. Методы частотной и фазовой манипуляции. Особенности схем блоков частотной и фазовой манипуляции возбуждателей судовых РПУ.
66. Амплитудная импульсная модуляция. Принципы построения и работы импульсных модуляторов.
67. Основные требования к возбуждателям РПУ. Типы и примеры структурных схем возбуждателей. Выбор частотного плана возбуждателя интерполяционного типа. Особенности частотного плана возбуждателя «Норд».
68. Принципы построения структурных схем связанных РПУ ПВ/КВ, УКВ и ДМВ диапазонов. Особенности построения возбуждателей и трактов радиочастоты.
69. Принципы построения радиолокационных передатчиков. Типы, особенности построения и работы СВЧ генераторов и импульсных модуляторов.

## Формат сведений о ФОС и его согласовании

Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине представляет собой приложение к рабочей программе дисциплины

### «Формирование и передача сигналов» (наименование дисциплины)


образовательной программы специалитета по специальности 25.05.03 «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования» и специализациям 25.05.03 «Техническая эксплуатация и ремонт радиооборудования промышленного флота», 25.05.03 «Инфокоммуникационные системы на транспорте и их информационная защита» и соответствует учебному плану, утвержденному 31 января 2018 г. и действующему для курсантов (студентов), принятых на первый курс, начиная с 2013 года.

Автор (ы) фонда – Профессор кафедры СРТС  Грошев Г.А.

Фонд оценочных средств рассмотрен и одобрен на заседании кафедры судовых радиотехнических систем  
(протокол № 9 от 18 июня 2018 г.)

Заведующий кафедрой  /Е.В. Волхонская/

Фонд оценочных средств рассмотрен и одобрен на заседании методической комиссии радиотехнического факультета  
(протокол № 6 от 27 июня 2018 г.)

Председатель методической комиссии  /А.Г. Жестовский/

Согласовано  
начальник отдела  
мониторинга и контроля  /Ю.В. Борисевич/