



Федеральное агентство по рыболовству
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»
(ФГБОУ ВО «КГТУ»)
Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота

УТВЕРЖДАЮ
Начальник УРОПС

Фонд оценочных средств
(приложение к рабочей программе дисциплины)

«ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ СВЕРХВЫСОКИХ ЧАСТОТ»

основной профессиональной образовательной программы специалитета
по специальности

**25.05.03 ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТРАНСПОРТНОГО
РАДИООБОРУДОВАНИЯ**

Специализации программы
**«ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ РАДИООБОРУДОВАНИЯ ПРО-
МЫСЛОВОГО ФЛОТА»**

«ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ НА ТРАНСПОРТЕ И ИХ ИНФОРМАЦИОННАЯ ЗАЩИТА»

ИНСТИТУТ

Морской

РАЗРАБОТЧИК

Кафедра судовых радиотехнических систем

1. РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 1 – Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными индикаторами достижения компетенций

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Дисциплина	Результаты обучения (владения, умения и знания), соотнесенные с компетенциями/индикаторами достижения компетенции
ПК-4: Способен осуществлять ввод в эксплуатацию, техническое обслуживание и текущий ремонт радиоэлектронных систем; ПК-9: Способен выполнять действия, связанные с эксплуатацией, профилактическим ремонтом и обслуживанием оборудования радионавигационных и радиолокационных систем.	ПК-4.6: Способен к проведению работ по обеспечению исправности и ремонта в период эксплуатации передающего радиоборудования диапазона сверхвысоких частот; ПК-9.4: Анализ причин возникновения эксплуатационных дефектов радиолокационного оборудования и подготовка предложений по их дальнейшему исключению.	Электронные приборы сверхвысоких частот	<u>Знать</u>: - методы и методики проведения работ по обеспечению исправности и ремонта в период эксплуатации передающего радиоборудования диапазона сверхвысоких частот; - возможные причины возникновения эксплуатационных дефектов радиолокационного и радионавигационного оборудования. <u>Уметь</u>: - находить, анализировать и исследовать информацию, необходимую для проведения работ по обеспечению исправности и ремонта в период эксплуатации передающего радиоборудования диапазона сверхвысоких частот; - находить, анализировать и исследовать информацию, необходимую для обнаружения эксплуатационных дефектов радиолокационного оборудования. <u>Владеть</u>: - навыками выбора метода, методики и средств проведения работ по обеспечению исправности и ремонта в период эксплуатации передающего радиоборудования диапазона сверхвысоких частот; - навыками анализа причин возникновения эксплуатационных дефектов радиолокационного оборудования и подготовки предложений по их дальнейшему исключению.

2. ПЕРЕЧЕНЬ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПОЭТАПНОГО ФОРМИРОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ) И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

2.1 Для оценки результатов освоения дисциплины используются:

- оценочные средства текущего контроля успеваемости;
- оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине.

2.2 К оценочным средствам текущего контроля успеваемости относятся:

- тестовые задания;
- задания и контрольные вопросы по лабораторным работам.

2.3 К оценочным средствам для промежуточной аттестации по дисциплине, проводимой в форме экзамена, относятся:

- задания по контрольной работе;
- экзаменационные вопросы по дисциплине.

3. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ

3.1 Тестовые задания

Тестовые задания предназначены для оценки в рамках текущего контроля успеваемости знаний, приобретенных курсантами (студентами) на лекционных и лабораторных занятиях и для измерения соответствующих индикаторов достижения компетенции.

Достоинства тестовых заданий заключаются в том, что они:

- обеспечивают надёжную и комплексную оценку результатов обучения;
- объективны, оперативны и экономичны;
- дают возможность непосредственной фиксации результатов в ЭИОС;
- дают возможность быстрого сравнения с заранее подготовленными эталонами ответов;
- требуют строгую регламентацию процедуры (стандартизация условий, для всех обучающихся);
- исключают субъективность оценивания;
- дают возможность компьютеризации процедуры тестирования.

3.1.1. Содержание оценочных средств

Тестовые задания включают в себя 15 вопросов по всем разделам изучаемой дисциплины. Время на ответ ограничено.

3.1.2. Методические материалы, определяющие процедуры использования оценочных средств

Шкала оценивания основана на четырехбалльной системе, которая реализована в программном обеспечении.

Оценка «отлично» выставляется при правильном выполнении не менее 90% заданий.

Оценка «хорошо» выставляется при правильном выполнении не менее 80% заданий.

Оценка «удовлетворительно» выставляется при правильном выполнении не менее 70% заданий.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется при правильном выполнении менее 70% заданий.

Результаты измерений индикатора считаются положительными при правильном выполнении не менее 70% заданий.

Три варианта тестов приведены в **Приложении 1**.

3.2. Задания и контрольные вопросы по лабораторным работам

3.2.1. Содержание оценочных средств

Все лабораторные работы имеют одинаковую структуру: тема, цель работы, краткие теоретические сведения, задание на самоподготовку, описание лабораторной установки, порядок выполнения работы и методические указания, лабораторное задание, содержание отчета и контрольные вопросы для самопроверки.

Каждая работа состоит из теоретической и экспериментальной части. В процессе выполнения лабораторной работы полученные экспериментальные данные должны быть внесены в таблицы отчета и обработаны. Необходимо сделать выводы с анализом полученных результатов эксперимента.

Лабораторная работа № 1. Исследование отражательного клистрона.

Цель работы: Изучение принципа действия отражательного клистрона, экспериментальное исследование и определение основных параметров и характеристик отражательного клистрона.

Лабораторная работа № 2. Исследование многорезонаторного магнетрона.

Цель работы: Ознакомление с принципом работы и конструкцией импульсного многорезонаторного магнетрона. Исследование физических процессов, происходящих в магнетроне, и зависимости параметров магнетрона от режима работы.

Лабораторная работа № 3. Исследование диода Ганна.

Цель работы: Ознакомление с физическими процессами, происходящими в полупроводниковых сверхвысокочастотных приборах, в которых используется отрицательная дифференциальная подвижность носителей заряда. Снятие статической вольтамперной характеристики диода Ганна. Экспериментальное исследование зависимости параметров генератора на диоде Ганна от различных режимов работы.

3.3.2. Методические материалы, определяющие процедуры использования оценочных средств

Оценка «отлично» выставляется в случае, если лабораторное задание было выполнено в соответствии с требованиями методических указаний и техники безопасности, полученные данные соответствуют ожидаемым результатам, расчеты выполнены по правильным формулам и алгоритмам и без ошибок, выводы приведены полностью и по существу, курсант (студент) понимает и может пояснить ход лабораторного задания и обосновать применение расчетных формул, а также может дать развернутый и полный ответ на любой из контрольных вопросов, отчет оформлен в соответствии с установленными требованиями.

Оценка «хорошо» выставляется в случае, если для лабораторное задание было выполнено в соответствии с требованиями методических указаний и техники безопасности, полученные данные соответствуют ожидаемым результатам с учетом допустимой погрешности, расчеты выполнены по правильным формулам и алгоритмам, но с некоторыми арифметическими ошибками, отчет оформлен с некоторыми нарушениями требований, однако выводы приведены полностью и по существу, а курсант (студент) понимает и может пояснить ход лабораторного задания и обосновать применение расчетных формул, а также может дать ответ на любой из контрольных вопросов.

Оценка «удовлетворительно» выставляется в случае, если для выполнения лабораторного задания по методическим указаниям и соблюдения требований техники безопасности

курсанту (студенту) требуется некоторая помощь, при этом грубых нарушений требований техники безопасности не происходит; полученные данные имеют значительные отклонения от ожидаемых значений, расчеты выполнены по правильным формулам и алгоритмам, но со множеством арифметических ошибок, отчет оформлен с нарушениями требований, выводы приведены не полностью, ответы на контрольные вопросы вызывают затруднения и (или) излишне лаконичны, однако курсант (студент) понимает и может пояснить ход лабораторного задания и привести необходимые расчетные формулы, ответы на контрольные вопросы содержат ошибки и неточности.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется в случае, если курсант (студент) не может самостоятельно выполнить лабораторное задание или допускает грубые нарушения техники безопасности, расчеты выполнены с использованием неправильных алгоритмов и формул, отчет оформлен с нарушениями требований, выводы приведены не полностью или не приведены вовсе, курсант (студент) плохо понимает (или не понимает вовсе) и не может пояснить ход лабораторного задания, а также не может ответить на контрольные вопросы.

Результаты измерений индикаторов считаются положительными при положительной оценке за выполнение задания.

Задания и контрольные вопросы по лабораторным работам приведены в **Приложении № 2.**

4. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

4.1 Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена.

К экзамену допускаются курсанты (студенты):

- положительно аттестованные по результатам текущего контроля;
- прошедшие все предусмотренные учебным планом виды занятий;
- получившие положительную оценку по результатам тестирования;
- получившие положительные оценки по лабораторным работам;
- получившие положительную оценку по контрольной работе (для заочной формы обучения).

4.2. Задания по контрольной работе (заочная форма обучения)

Студенты заочной формы обучения выполняют 1 лабораторную работу.

4.2.1. Содержание оценочных средств

Контрольная работа по дисциплине «Электронные приборы сверхвысоких частот» в соответствии с рабочей программой дисциплины является неотъемлемой частью самостоятельной работы, предусмотренной учебным планом.

Контрольная работа состоит из 3 задач по наиболее важным темам учебного плана, целью решения которых является получение практических навыков при выполнении инженерных расчетов:

1. Расчет параметров и характеристик отражательного.
2. Расчет параметров и характеристик лампы бегущей волны (ЛБВ) типа «О».
3. Расчет параметров и характеристик многорезонаторного магнетрона.

Задания и варианты по контрольной работе приведены в **Приложении № 3.**

Указанное пособие является приложением к данному разделу фонда оценочных

средств и неотъемлемой его частью.

4.2.2. Методические материалы, определяющие процедуры использования оценочных средств

Шкала оценивания результатов выполнения контрольной работы основана на двухбалльной системе.

Оценка «зачтено» выставляется в случае, если для задания приведено полное описание хода решения задач, сопровождаемое краткими, но исчерпывающими комментариями, расчеты выполнены по правильным формулам и алгоритмам и без ошибок, выводы приведены полностью и по существу, студент понимает и может пояснить ход решения и привести экспликацию любой формулы, а также может дать развернутый и полный ответ на любой вопрос по решению задач, пояснительная записка оформлена в соответствии с установленными требованиями.

Оценка «незачтено» выставляется в случае, если теоретическое обоснование приведено формально и излишне кратко или не приведено вовсе, расчеты выполнены с использованием неправильных алгоритмов и формул, пояснительная записка оформлена с нарушениями требований, выводы приведены не полностью или не приведены вовсе, студент плохо понимает (или не понимает вовсе) и не может пояснить ход решения, а также не может ответить на вопросы по решению задач.

Результаты измерений индикаторов считаются положительными при положительной оценке за выполнение контрольной работы.

4.3. Экзаменационные вопросы

Экзаменационные вопросы приведены в **приложении № 4**.

4.4. Методические материалы, определяющие процедуры использования оценочных средств

Представленные экзаменационные вопросы для проведения экзамена компонуются в билеты по три вопроса, относящиеся к различным темам не менее, чем трёх разделов дисциплины. На усмотрение экзаменатора экзамен может быть проведен в письменной, устной или комбинированной форме. При наличии сомнений в отношении знаний и умений обучающегося экзаменатор может (имеет право) задать дополнительные вопросы.

Шкала итоговой аттестации по дисциплине, то есть оценивания результатов освоения дисциплины на экзамене, основана на четырехбалльной системе.

Оценка «**отлично**» выставляется, если обучающийся показал глубокие знания и понимание программного материала по поставленному вопросу, умело увязывает его с практикой, грамотно строит ответ, быстро принимает оптимальные решения при решении практических вопросов и задач.

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

Итоговая оценка за экзамен выводится по трём частным оценкам как среднее арифметическое с округлением в меньшую или большую сторону в зависимости от дробной части.

5 СВЕДЕНИЯ О ФОНДЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ И ЕГО СОГЛАСОВАНИИ

Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине «Электронные приборы сверхвысоких частот» основной профессиональной образовательной программы по специальности 25.05.03 «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования», специализаций «Техническая эксплуатация и ремонт радиооборудования промышленного флота» и «Информационно-телекоммуникационные системы на транспорте и их информационная защита».

Фонд оценочных средств рассмотрен и одобрен на заседании кафедры судовых радиотехнических систем 22.04.2022 (протокол № 8).

Заведующий кафедрой  Е.В. Волхонская

Приложение № 1

Варианты тестов

Вариант 1.

1. Электровакуумным прибором СВЧ является

Варианты ответа:

- 1) клистрон;
- 2) диод Ганна;
- 3) лавинно-пролётный диод.

2. Полупроводниковым прибором СВЧ является

Варианты ответа:

- 1) клистрон;
- 2) диод Ганна;
- 3) магнетрон.

3. Лампой типа «О» является

Варианты ответа:

- 1) магнетрон;
- 2) платинотрон;
- 3) отражательный клистрон.

4. Лампой типа «М» является

Варианты ответа:

- 1) отражательный клистрон;
- 2) платинотрон;
- 3) диод Ганна.

5. Скрещенные (взаимно-перпендикулярные постоянные электрическое и магнитное) поля используются в

Варианты ответа:

- 1) магнетроне;
- 2) клистроне;
- 3) лампе бегущей волны.

6. К лампам с кратковременным взаимодействием электронного потока с СВЧ полем относится

Варианты ответа:

- 1) пролётный клистрон;
- 2) магнетрон;
- 3) лампа бегущей волны.

7. К лампам с длительным взаимодействием электронного потока с СВЧ полем относится

Варианты ответа:

- 1) отражательный клистрон;
- 2) пролётный клистрон;
- 3) платинотрон.

8. Для генерации СВЧ колебаний предназначен электровакуумный прибор

Варианты ответа:

- 1) отражательный клистрон;
- 2) амплитрон;
- 3) лампа бегущей волны.

9. Для усиления СВЧ колебаний предназначен

Варианты ответа:

- 1) митрон;
- 2) магнетрон;
- 3) отражательный клистрон.

10. Коэффициентом замедления замедляющей системы называют отношение

Варианты ответа:

- 1) скорости света к фазовой скорости замедленной электромагнитной волны;
- 2) фазовой скорости замедленной электромагнитной волны к скорости света;
- 3) фазовой скорости замедленной электромагнитной волны к скорости электронов.

11. При электростатическом управлении электронным потоком энергия СВЧ колебаний на выходе зависит от

Варианты ответа:

- 1) мощности электронного сгустка;
- 2) количества электронов;
- 3) мощности потерь в лампе.

12. К диодам СВЧ с положительным динамическим сопротивлением относится

Варианты ответа:

- 1) $p-i-n$ -диод;
- 2) лавинно-пролётный диод;
- 3) диод Ганна.

13. Лавинно-пролётные-диоды используют для

Варианты ответа:

- 1) коммутации мощных СВЧ сигналов;
- 2) модуляции СВЧ сигналов;
- 3) генерации и усиления СВЧ колебаний.

14. В клистроне сформированный электронный сгусток передаёт электромагнитному полю резонатора

Варианты ответа:

- 1) кинетическую энергию;
- 2) потенциальную энергию;
- 3) тепловую энергию.

15. Генерация носит зонный характер в

Варианты ответа:

- 1) магнетроне;
- 2) клистроне;

3) митроне.

Вариант 2.

1. Электровакуумным прибором СВЧ является

Варианты ответа:

- 1) лавинно-пролётный диод;
- 2) диод Ганна;
- 3) магнетрон;

2. Полупроводниковым прибором СВЧ является

Варианты ответа:

- 1) клистрон;
- 2) лавинно-пролётный диод;
- 3) магнетрон;

3. Лампой типа «О» является

Варианты ответа:

- 1) пролётный клистрон;
- 2) платинотрон;
- 3) магнетрон.

4. Лампой типа «М» является

Варианты ответа:

- 1) отражательный клистрон;
- 2) магнетрон;
- 3) диод Ганна.

5. Скрещенные (взаимно-перпендикулярные постоянные электрическое и магнитное) поля используются в

Варианты ответа:

- 1) клистроне;
- 2) платинотроне;
- 3) лампе бегущей волны.

6. К лампам с кратковременным взаимодействием электронного потока с СВЧ полем относится

Варианты ответа:

- 1) лампа бегущей волны;
- 2) пролётный клистрон;
- 3) магнетрон.

7. К лампам с длительным взаимодействием электронного потока с СВЧ полем относится

Варианты ответа:

- 1) отражательный клистрон;
- 2) пролётный клистрон;
- 3) лампа бегущей волны.

8. Для генерации СВЧ колебаний предназначен электровакуумный прибор

Варианты ответа:

- 1) магнетрон;
- 2) амплитрон;
- 3) лампа бегущей волны.

9. Для усиления СВЧ колебаний предназначен электровакуумный прибор

Варианты ответа:

- 1) митрон;
- 2) лампа бегущей волны;
- 3) отражательный клистрон.

10. Коэффициент полезного действия определяется как отношение

Варианты ответа:

- 1) выходной мощности к суммарной потребляемой мощности (включая мощность накала катода);
- 2) выходной мощности к суммарной потребляемой мощности (без учёта мощности накала катода);
- 3) суммарной потребляемой мощности (включая мощность накала катода) к выходной мощности.

11. При динамическом управлении электронным потоком энергия СВЧ колебаний на выходе зависит от

Варианты ответа:

- 1) мощности электронного сгустка;
- 2) количества электронов;
- 3) мощности потерь в лампе.

12. К диодам СВЧ с отрицательным динамическим сопротивлением относится

Варианты ответа:

- 1) $p-i-n$ -диод;
- 2) лавинно-пролётный диод;
- 3) туннельный диод.

13. Диоды Ганна используют для

Варианты ответа:

- 1) коммутации мощных СВЧ сигналов;
- 2) генерации и усиления СВЧ колебаний;
- 3) модуляции СВЧ сигналов.

14. В магнетроне сформированный электронный сгусток передаёт электромагнитному полю резонатора

Варианты ответа:

- 1) кинетическую энергию;
- 2) потенциальную энергию;
- 3) тепловую энергию.

15. Коэффициент шума показывает, во сколько раз отношение мощностей сигнала и шума на

Варианты ответа:

- 1) выходе $P_{\text{ВЫХ}} / P_{\text{Ш.ВЫХ}}$ усилителя меньше этого же отношения на входе $P_{\text{ВХ}} / P_{\text{Ш.ВХ}}$;
- 2) на выходе $P_{\text{ВЫХ}} / P_{\text{Ш.ВЫХ}}$ усилителя больше этого же отношения на входе $P_{\text{ВХ}} / P_{\text{Ш.ВХ}}$;
- 3) входе $P_{\text{ВХ}} / P_{\text{Ш.ВХ}}$ усилителя меньше этого же отношения на выходе $P_{\text{ВЫХ}} / P_{\text{Ш.ВЫХ}}$.

Вариант 3.

1. Электровакуумным прибором СВЧ является

Варианты ответа:

- 1) диод Ганна;
- 2) лампа бегущей волны;
- 3) лавинно-пролётный диод;

2 Полупроводниковым прибором СВЧ является

Варианты ответа:

- 1) клистрон;
- 2) магнетрон;
- 3) $p-i-n$ диод;

3. Лампой типа «О» является

Варианты ответа:

- 1) отражательный клистрон;
- 2) магнетрон;
- 3) диод Ганна.

4. Лампой типа «М» является

Варианты ответа:

- 1) отражательный клистрон;
- 2) магнетрон;
- 3) диод Ганна.

5. Скрещенные (взаимно-перпендикулярные постоянные электрическое и магнитное) поля используются в

Варианты ответа:

- 1) лампе бегущей волны;
- 2) клистроне;
- 3) амплитроне.

6. Замедляющие системы в электронных лампах СВЧ диапазона предназначены для

Варианты ответа:

- 1) уменьшения фазовой скорости электромагнитной волны;
- 2) увеличения фазовой скорости электромагнитной волны;
- 3) уменьшения скорости движения электронов.

7. К лампам с длительным взаимодействием электронного потока с СВЧ полем относится

Варианты ответа:

- 1) отражательный клистрон;
- 2) пролётный клистрон;
- 3) магнетрон.

8. Для генерации СВЧ колебаний предназначен электровакуумный прибор

Варианты ответа:

- 1) митрон;
- 2) амплитрон;
- 3) лампа обратной волны.

9. Для усиления СВЧ колебаний предназначен

Варианты ответа:

- 1) митрон;
- 2) амплитрон;
- 3) отражательный клистрон.

10. Электронный КПД клистрона определяется как отношение

Варианты ответа:

- 1) мощности источников питания прибора к мощности электронного пучка;
- 2) мощности, отдаваемой электронным пучком полю СВЧ, к мощности источников питания прибора;
- 3) мощности источников питания прибора к мощности потерь в резонаторе.

11. В клистронах модуляция по скорости происходит

Варианты ответа:

- 1) между сетками резонатора;
- 2) в пространстве взаимодействия с полем отражателя;
- 3) в пространстве между катодом и резонатором.

12. К диодам СВЧ с отрицательным динамическим сопротивлением относится

Варианты ответа:

- 1) $p-i-n$ -диод;
- 2) диод Ганна;
- 3) туннельный диод.

13. $p-i-n$ -диоды используют для

Варианты ответа:

- 1) коммутации мощных СВЧ сигналов;
- 2) генерации СВЧ колебаний;
- 3) усиления СВЧ сигналов.

14. Для преобразования энергии сгруппированного электронного потока в энергию СВЧ колебаний поле выходного резонатора должно быть

Варианты ответа:

- 1) ускоряющим;
- 2) тормозящим;

3) нулевым.

15. Коэффициентом усиления называется отношение

Варианты ответа:

- 1) выходной мощности $P_{\text{ВЫХ}}$ к входной мощности $P_{\text{ВХ}}$;
- 2) входной мощности $P_{\text{ВХ}}$ к выходной мощности $P_{\text{ВЫХ}}$;
- 3) выходной мощности $P_{\text{ВЫХ}}$ к суммарной потребляемой мощности P_0 .

Приложение № 2

Задания и контрольные вопросы по лабораторным работам

Лабораторная работа № 1. Исследование отражательного клистрона.

Содержание работы:

1. Ознакомиться с инструкцией по мерам безопасной работы с СВЧ приборами, расписаться в журнале инструктажа.
2. Ознакомиться с инструкциями по эксплуатации контрольно-измерительных приборов, используемых в ходе лабораторной работы.
3. Изучить методику измерения мощности, частоты и спектра с помощью радиолокационного испытательного прибора типа ГК4-19А.
4. Внешним осмотром лабораторной установки убедиться в правильности соединений блоков и измерительных приборов.
5. Получить у преподавателя допуск к выполнению эксперимента.
6. Подготовить к работе радиолокационный измерительный прибор ГК4-19А в соответствии с техническим описанием.
7. Включить лабораторную установку в соответствии с методическими указаниями по выполнению лабораторной работы.
8. Исследовать влияние напряжения на отражателе на выходную мощность и частоту генерируемых клистроном колебаний для двух-трёх зон генерации.
9. По полученным в результате эксперимента данным построить графики зависимостей $P = \varphi_1(U_{\text{отр}})$, $f = \varphi_2(U_{\text{отр}})$.
10. По графикам определить ширину зоны генерации $\Delta U_{\text{отр}}$, диапазон электронной перестройки частоты $\Delta f_{\text{эл}}$ и крутизну S_f перестройки частоты в каждой зоне генерации.
11. Исследовать влияние объёма резонатора на частоту генерируемых клистроном колебаний в одной из зон генерации. Определить диапазон механической перестройки частоты.
12. Сравнить результаты полученных значений $\Delta f_{\text{эл}}$ и $\Delta f_{\text{мех}}$.
13. Составить отчет по лабораторной работе.
14. Сделать выводы с анализом полученных результатов.

Вопросы для самопроверки:

1. Как измеряется мощность генерируемых колебаний исследуемого отражательного клистрона с помощью прибора ГК4-19А?
2. Как измеряется частота генерируемых колебаний исследуемого отражательного клистрона с помощью прибора ГК4-19А?
3. Объясните принцип динамического управления электронным потоком в отражательном клистроне.
4. Изобразите схему отражательного клистрона и назовите назначение каждого элемента схемы.
5. Какой метод группировки электронного потока используется в отражательном клистроне? Объясните его с помощью пространственно-временных диаграмм.
6. Объясните принцип действия отражательного клистрона.
7. Почему генерация носит зонный характер?
8. Как зависит мощность генерируемых колебаний от напряжения на отражателе и номера зоны генерации?

9. Что такое коэффициент эффективности электронного взаимодействия с полем резонатора и от чего он зависит?
10. Что такое параметр группирования и как он определяется в отражательном клистроне?
11. Как зависит полезная мощность от параметра группирования?
12. Как определяется электронный КПД отражательного клистрона?
13. Запишите и поясните условие генерации.
14. Основные характеристики и параметры отражательных клистронов.
15. Как осуществляется электронная перестройка частоты в отражательном клистроне?
16. Как определяется ширина зоны генерации?
17. Как определяется диапазон электронной частоты?
18. Как определяется крутизна электронной перестройки частоты?
19. Как осуществляется механическая перестройка частоты в отражательном клистроне? Каков её диапазон перестройки?
20. Чему равно оптимальное время пролёта электронов?
21. Достоинства и недостатки отражательных клистронов.
22. Применение отражательных клистронов.

Лабораторная работа № 2. Исследование многорезонаторного магнетрона.

Содержание работы:

1. Ознакомиться с инструкцией по мерам безопасной работы с СВЧ приборами, расписаться в журнале инструктажа. Ознакомиться с инструкциями по эксплуатации контрольно-измерительных приборов, используемых в ходе лабораторной работы.
2. Изучить методику измерения мощности, частоты и спектра с помощью радиолокационного испытательного прибора типа ГК4-19А.
3. Внешним осмотром лабораторной установки убедиться в правильности соединений блоков и измерительных приборов.
4. Получить у преподавателя допуск к выполнению эксперимента.
5. Подготовить к работе радиолокационный измерительный прибор ГК4-19А и вольтметр импульсного тока ВЧ-18.
6. Включить лабораторную установку в соответствии с методическими указаниями по выполнению лабораторной работы.
7. Исследовать влияние анодного напряжения на выходную мощность и частоту генерируемых магнетроном колебаний для трёх значений магнитной индукции постоянного магнита магнетрона по заданию преподавателя.
8. По полученным данным построить графики рабочих характеристик магнетрона $U_a = \varphi_1(I_a)$ при $B = \text{const}$, $P = \varphi_2(I_a)$ при $B = \text{const}$, $f = \varphi_3(U_a)$ при $B = \text{const}$ для трёх значений магнитной индукции.
9. Получить спектр генерируемых магнетроном высокочастотных колебаний на экране прибора ГК4-19А, работающего в режиме спектроанализатора, при $B = B_{\text{max}}$. Измерить ширину спектра с помощью волномера прибора ГК4-19А и зарисовать его форму.
10. Составить отчет по лабораторной работе.
11. Сделать выводы с анализом полученных результатов.

Вопросы для самопроверки:

1. Как измеряется мощность генерируемых колебаний исследуемого магнетрона с помощью прибора ГК4-19А?
2. Как измеряется частота генерируемых колебаний исследуемого магнетрона с по-

мощью прибора ГК4-19А?

3. Как получить спектр генерируемых колебаний исследуемого магнетрона и измерить ширину спектра с помощью прибора ГК4-19А?

4. Объясните принцип динамического управления электронным потоком в магнетроне.

5. Объясните движение электронов в магнетроне под действием электрического поля анодного напряжения и магнитного поля, создаваемого постоянным магнитом. От чего зависит форма его траектории?

6. Какое магнитное поле называется критическим и какова зависимость между $B_{кр}$ и U_a в магнетроне?

7. Что называется параболой критического режима и какой она имеет вид?

8. Изобразите зависимость анодного тока от магнитной индукции при постоянном анодном напряжении, объясните эту зависимость и физические процессы.

9. Укажите рабочую область магнетрона на графике зависимости $I_a = \varphi_1(U_a)$. Чем грозит выход за пределы рабочей области?

10. Из каких основных элементов состоит многорезонаторный магнетрон и каковы их особенности? Нарисуйте схему устройства многорезонаторного магнетрона.

11. Опишите конструкцию и принцип действия многорезонаторного магнетрона.

12. Какие типы резонаторов применяются в магнетронах?

13. Опишите свойства колебательной системы.

14. Что собой представляет замедляющая система магнетрона? Изобразите эквивалентную схему замедляющей системы.

15. Какой характер приобретает циклоидальное движение электронов в работающем магнетроне?

16. Что такое вид колебаний в магнетроне и каков его физический смысл?

17. Какими способами можно улучшить разделение видов колебаний? Какие недостатки имеют эти способы?

18. Какие колебания называются колебаниями π -вида и какими преимуществами они обладают по сравнению с колебаниями других видов?

19. В чем заключается принцип синхронизации? Запишите условие синхронизма в магнетроне.

20. Что такое циклотронная частота?

21. Объясните взаимодействие электронного потока с высокочастотным полем резонаторов при $U_a = const$ и $B \geq B_{кр}$.

22. Как образуется спицеобразное электронное облако и происходит обмен энергией в магнетроне?

23. Нарисуйте картину электронных «спиц» для π -резонаторного магнетрона на π -виде колебаний.

24. Фазовые условия самовозбуждения магнетрона.

25. Причины возбуждения побочного вида колебаний в магнетроне и методы их устранения.

26. Какие характеристики магнетрона называются рабочими и какие нагрузочными? Какой вид они имеют и как их можно объяснить?

27. Какими факторами определяется КПД магнетрона?

28. Какие способы используются в современных магнетронах для повышения устойчивости π -вида колебаний?

29. Применение многорезонаторных магнетронов.

Лабораторная работа № 3. Исследование диода Ганна.

Содержание работы:

1. Ознакомиться с инструкцией по мерам безопасной работы с СВЧ приборами, расписаться в журнале инструктажа. Ознакомиться с инструкциями по эксплуатации контрольно-измерительных приборов, используемых в ходе лабораторной работы.

2. Изучить методику измерения мощности, частоты и спектра с помощью радиолокационного испытательного прибора типа ГК4-19А.

3. Внешним осмотром лабораторной установки убедиться в правильности соединений блоков и измерительных приборов.

4. Получить у преподавателя допуск к выполнению эксперимента.

5. Подготовить к работе радиолокационный измерительный прибор ГК4-19А.

6. Включить лабораторную установку в соответствии с методическими указаниями по выполнению лабораторной работы.

7. Снять вольтамперную характеристику диода Ганна при изменении напряжения на диоде от 0 до 10 В. Данные занести в таблицу.

8. По полученным данным построить график зависимости $I_d = \varphi_1(U_d)$. По графику определить участок с отрицательным сопротивлением и значения напряжения на диоде, при которых могут возникать колебания.

9. Снять зависимость частоты, мощности генерируемых колебаний и коэффициента полезного действия генератора на диоде Ганна от напряжения на диоде в режиме генерации при напряжении на варикапе 20В. Полученные результаты занести в таблицу.

10. По полученным данным построить графики зависимости $P = \varphi_1(U_d)$, $f = \varphi_2(U_d)$, $\eta = \varphi_3(U_d)$ и сделать выводы.

11. Снять зависимость частоты, мощности генерируемых колебаний и коэффициента полезного действия генератора на диоде Ганна от напряжения на варикапе при напряжении на диоде 7В. Полученные результаты занести в таблицу.

12. По полученным данным построить графики зависимости $P = \varphi_1(U_{\text{вар}})$, $f = \varphi_2(U_{\text{вар}})$, $\eta = \varphi_3(U_{\text{вар}})$ и сделать выводы.

13. Снять зависимость частоты, мощности генерируемых колебаний и коэффициента полезного действия генератора на диоде Ганна от положения винта механической перестройки резонатора при $U_d = 7\text{В}$, $U_{\text{вар}} = 20\text{В}$. Полученные результаты занести в таблицу.

14. По полученным данным построить графики зависимости $P = \varphi_1(I)$, $f = \varphi_2(I)$, $\eta = \varphi_3(I)$ и сделать выводы.

15. Зарисовать частотный спектр колебаний, генерируемых генератором на диоде Ганна, при $U_d = 7\text{В}$, $U_{\text{вар}} = 20\text{В}$.

16. Составить отчет по лабораторной работе.

17. Сделать выводы с анализом полученных результатов.

Вопросы для самопроверки:

1. Как измеряется мощность генерируемых колебаний исследуемого магнетрона с помощью прибора ГК4-19А?

2. Как измеряется частота генерируемых колебаний исследуемого магнетрона с помощью прибора ГК4-19А?

3. Как получить спектр генерируемых колебаний исследуемого магнетрона и изме-

рить ширину спектра с помощью прибора ГК4-19А?

4. Кто впервые наблюдал генерацию СВЧ-колебаний в однородных образцах GaAs n-типа при напряженности постоянного электрического поля выше порогового значения?

5. Какой полупроводниковый материал используется для изготовления диода Ганна? Назовите его основные параметры.

6. Какова особенность строения зоны проводимости арсенида галлия (GaAs), объясните эту зависимость.

7. Объясните междолинный переход носителей заряда.

8. Объясните эффект Ганна. Что такое домен и причины его формирования.

9. Какова форма тока, протекающего через диод Ганна в пролетном режиме? От чего зависит частота генерируемых колебаний в пролетном режиме?

10. Объясните режим работы с подавлением доменов. Условия обеспечения этого режима, его достоинства и недостатки.

11. Объясните режим работы с задержкой доменов. Условия обеспечения этого режима, его достоинства и недостатки.

12. Объясните режим ограничения накопления объемного заряда (ОНОЗ).

13. Конструктивное исполнение и применение генераторов на диоде Ганна.

14. Достоинства и недостатки генераторов на диоде Ганна.

Приложение № 3

Задания и варианты контрольной работы для заочной формы обучения

Задача № 1

В соответствии с заданными в таблице 1 исходными данными для отражательного клистрона определить следующее:

- 1.Оптимальную величину напряжения на отражателе $U_{отр}$, соответствующего максимуму колебательной мощности в зоне с номером n .
- 2.Максимальный электронный КПД η_{max} для заданной зоны генерации n .
- 3.Угол пролета электронов в высокочастотном зазоре Θ_1 .
- 4.Угол пролета центра сгустка от второй сетки к отражателю Θ_2 и обратно.
- 5.Диапазон электронной перестройки $\Delta f_{эл}$ в заданной зоне.
- 6.Крутизну электронной настройки S_f в заданной зоне.

Исходные данные, необходимые для решения задачи, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Последняя цифра номера зачетки	Предпоследняя цифра номера зачетки	Резонансная частота $f_{рез}$, МГц	Ускоряющее напряжение $U_{отр}$, В	Расстояние между сетками резонатора d , см	Расстояние от второй сетки резонатора до отражателя D , см	Нагруженная добротность резонатора Q_n	Номер зоны генерации n
0	0 – 4	9000	250	0,035	0,18	90	5
	5 – 9	9900	300	0,035	0,18	100	4
1	0 – 4	9050	350	0,035	0,18	110	4
	5 – 9	9150	400	0,035	0,18	120	3
2	0 – 4	9200	300	0,035	0,18	130	3
	5 – 9	9100	250	0,035	0,18	140	4
3	0 – 4	9250	300	0,035	0,18	150	3
	5 – 9	9350	400	0,035	0,18	160	2
4	0 – 4	9400	400	0,03	0,15	170	3
	5 – 9	9300	350	0,03	0,15	180	2
5	0 – 4	9600	250	0,03	0,15	190	4
	5 – 9	9500	400	0,03	0,15	200	3
6	0 – 4	9650	450	0,03	0,15	210	1
	5 – 9	9550	300	0,03	0,15	220	3
7	0 – 4	9800	350	0,03	0,15	230	3
	5 – 9	9700	400	0,03	0,15	240	2
8	0 – 4	9850	450	0,04	0,2	180	3
	5 – 9	9750	500	0,04	0,2	250	4
9	0 – 4	10000	400	0,04	0,2	200	5
	5 – 9	9450	300	0,04	0,2	150	4

Задача № 2

На основании заданных в таблице 2 исходных данных для лампы бегущей волны (ЛБВ) типа «О», работающей в режиме усиления, вычислить следующие энергетические параметры:

- 1.Оптимальное ускоряющее напряжение $U_{0\text{опт}}$ на спирали замедляющей системы, соответствующее максимальному усилению в режиме малого сигнала.
- 2.Коэффициент усиления мощности $K_{\text{полн}}$ в том же режиме.
- 3.Электронный КПД η_e . Укажите, какие существуют способы его повышения.

Таблица 3

Последняя цифра номера зачетки	Предпоследняя цифра номера зачетки	Средняя частота $f_{\text{ср}}$, МГц	Ток луча I_0 , мА	Радиус спирали r , см	Шаг спирали h , см	Сопротивление связи спирали, $R_{\text{св}}$, Ом	Антенная длина спирали, l , см	Коэффициент затухания спирали L , дБ
0	0 – 4	3000	12	0,15	0,05	50	7	4
	5 – 9	3500	15	0,15	0,05	55	7	4
1	0 – 4	2500	18	0,15	0,05	60	7	4
	5 – 9	3000	12	0,20	0,05	75	7	8
2	0 – 4	4000	15	0,20	0,05	50	7	8
	5 – 9	3500	18	0,20	0,05	50	7	8
3	0 – 4	4000	16	0,15	0,05	70	8	8
	5 – 9	3000	16	0,15	0,05	55	8	9
4	0 – 4	3000	18	0,20	0,05	90	9	4
	5 – 9	2000	16	0,24	0,06	95	7,5	8
5	0 – 4	3580	17	0,17	0,06	60	9	10
	5 – 9	3000	14	0,18	0,06	65	7	6
6	0 – 4	2500	16	0,19	0,07	70	8	4
	5 – 9	3500	17	0,20	0,08	75	9	7
7	0 – 4	3000	18	0,21	0,09	80	8,5	5
	5 – 9	3000	15	0,22	0,08	85	7	4
8	0 – 4	2000	18	0,23	0,07	90	8	8
	5 – 9	3000	14	0,23	0,09	50	8	10
9	0 – 4	2500	19	0,23	0,07	85	8	4
	5 – 9	3000	18	0,24	0,06	55	8	5

Задача № 3

В плоском магнетроне анодное напряжение U_a , индукция магнитного поля B , расстояние между анодом и катодом d . Электроны вылетают из катода с нулевой скоростью и движутся по циклоиде, которую описывает катящийся круг радиуса R , центр которого перемещается со скоростью $V_{\text{ц}}$. Циклотронная круговая частота $\omega_{\text{ц}}$. Полное время пролета электрона от катода до вершины циклоидной орбиты и снова на катод τ .

При заданных в табл. 3 или полученных при решении остальных параметров:

1. найти критическое значение магнитной индукции $B_{кр}$;
 2. определить, как изменится значение критической индукции $B_{кр}$, если, сохраняя все остальные параметры, увеличить расстояние между катодом и анодом в три раза;
 3. определить среднюю скорость электронов $V_{e\text{ ср}}$;
 4. рассчитать электронный КПД η_e при $B = B_{кр}$;
- Данные задачи сведены в таблице 4. Знак вопроса в таблице означает, что значение этой величины необходимо определить.

Таблица 4

Предпоследняя цифра номера зачетки	Предпоследняя цифра номера зачетки	Параметры						
		$U_a, \text{В}$	$B, \text{Вб/м}^2$	$d, \text{мм}$	$R, \text{мкм}$	$v_{ц}, \text{м/с}$	$\omega_{ц}, \text{рад/с}$	$\tau, \text{нс}$
0	0 – 4	2500	0,3	3	?	?	?	?
	5 – 9	1000	0,2	3	?	?	?	?
1	0 – 4	500	0,2	2	?	?	?	?
	5 – 9	?	0,2	1,5	47	?	?	?
2	0 – 4	?	0,2	1,5	39	?	?	?
	5 – 9	?	0,2	2	50	?	?	?
3	0 – 4	?	?	2	?	$0,83 \times 10^6$	?	90
	5 – 9	?	?	3	?	$0,83 \times 10^6$	?	110
4	0 – 4	500	?	1,5	?	?	$10,6 \times 10^{10}$	?
	5 – 9	2000	?	2	?	?	$10,6 \times 10^{10}$	?
5	0 – 4	1000	0,3	?	63	?	?	?
	5 – 9	2000	0,2	?	56	?	?	?
6	0 – 4	1000	?	?	?	$3,5 \times 10^6$	$3,5 \times 10^{10}$	?
	5 – 9	2500	?	?	?	$4,5 \times 10^6$	$4,5 \times 10^{10}$	?
7	0 – 4	?	?	1,5	36	?	$7,1 \times 10^{10}$	?
	5 – 9	2000	?	?	?	$1,7 \times 10^6$	?	60
8	0 – 4	1000	0,3	?	47	?	?	?
	5 – 9	3000	0,3	2	?	?	?	?
9	0 – 4	1000	?	2	32	?	?	120
	5 – 9	1500	?	3	36	?	?	100

Выбор варианта задания

Исходные данные для решения задач определяются номером варианта. Номер варианта определяется номером зачётной книжки: предпоследняя цифра номера варианта совпадает с предпоследней цифрой номера зачётной книжки, а последняя цифра номера варианта – с последней цифрой номера зачётной книжки. При нарушении студентом правила выбора номера варианта контрольная работа возвращается ему без проверки.

Требования к оформлению

При оформлении контрольной работы необходимо придерживаться следующих основных требований.

1. Контрольная работа оформляется в виде пояснительной записки на стандартных листах формата А-4. При оформлении с помощью ПК размер шрифта должен быть не менее 12-14 пт, а межстрочный интервал – одинарный. Отступы от края листа: правый – 10 мм, левый – 30 мм, нижний и верхний – 20 мм. При несоблюдении этих требований работа возвращается студенту без проверки.

2. Пояснительная записка включает в себя титульный лист, содержание, текстовую часть и список использованной литературы.

3. В конце записки необходимо поставить подпись.

4. На титульном листе указываются наименование учебного заведения и специальность, наименование дисциплины и номер варианта, фамилия, инициалы, шифр, дата завершения выполнения работы и фамилия проверяющего.

5. В текстовой части пояснительной записки необходимо указать номера задач и записать их условия с указанием исходных данных в соответствии с номером варианта. После чего должно следовать описание хода решения этих задач, сопровождаемое краткими, но исчерпывающими комментариями. При этом не следует приводить выводы формул и уравнений, имеющих в учебной литературе, за исключением случаев, предусмотренных условиями задач. В случае применения для расчётов формул из учебной литературы необходимо оформить ссылку на использованный источник. Оформление такой ссылки осуществляется следующим образом: при цитировании той или иной формулы в тексте комментариев в косях скобках указывается цифра, соответствующая номеру источника, в котором эта формула упоминается, из списка использованной литературы. Все расчётные формулы должны сопровождаться подробными пояснениями, в которых раскрывается смысл принятых в них обозначений. Все величины должны выражаться в единицах международной системы СИ, кроме случаев, указанных в задаче. Расчёты должны выполняться с точностью до трёх значащих цифр.

Если работа не зачтена, то исправления или новое решение выполняются на новых листах, которые подшиваются к незачтённой работе, и вместе с ней представляются на повторную проверку. Непосредственное внесение исправлений в текст работы, если она не зачтена, не допускается.

Перед выполнением каждого задания необходимо изучить соответствующий теоретический материал.

Приложение № 4

Экзаменационные вопросы

1. Особенности СВЧ-диапазона. Требования к приборам СВЧ.
2. Классификация электронных приборов СВЧ.
3. Принцип динамического управления электронным потоком.
4. Угол пролета электронов между электродами, наведенный и конвекционный токи.
5. Уравнение наведённого тока в диодах.
6. Наведенный и полный токи электровакуумного диода СВЧ.
7. Двухрезонаторный пролётный клистрон: устройство, принцип работы, пространственно-временная диаграмма.
8. Модуляция электронов по скорости.
9. Модуляция электронов по плотности. Формирование электронных сгустков.
10. Форма импульсов конвекционного тока в двухрезонаторном клистроне.
11. Параметры, характеристики и применение двухрезонаторных пролётных клистронов.
12. Многорезонаторный пролётный клистрон: устройство, принцип действия, пространственно-временная диаграмма.
13. Многорезонаторный пролётный клистрон: особенности работы, характеристики, применение.
14. Отражательный клистрон: устройство, принцип действия, пространственно-временная диаграмма.
15. Области (зоны) генерации отражательных клистронов. Условие генерации.
16. Электронная и механическая перестройки частоты отражательных клистронов.
17. Параметры, характеристики и применение отражательных клистронов.
18. Лампы бегущей волны типа «О»: принцип длительного взаимодействия с электронным потоком, условие синхронизма.
19. Лампы бегущей волны типа «О»: виды и назначение замедляющих систем.
20. Устройство и принцип работы ЛБВ типа «О».
21. Параметры и характеристики ЛБВ типа «О».
22. Частотные, фазовые и шумовые характеристики ЛБВ. Способы уменьшения шумов.
23. Генераторы на ЛБВ типа «О».
24. Устройство и принцип действия многорезонаторного магнетрона. Конструктивное исполнение резонансной системы.
25. Движение электронов в скрещенных электромагнитных полях в отсутствие СВЧ колебаний.
26. Что называют критическим режимом? Парабола критического режима и зависимость анодного тока от магнитной индукции при постоянном анодном напряжении.
27. Замедляющая система магнетрона. Эквивалентная схема замедляющей системы.
28. Частота колебаний магнетрона.
29. Виды колебаний в резонаторной системе магнетрона.
30. Причины возбуждения побочного вида колебаний в магнетроне и методы их устранения. Разделение видов колебаний.
31. Движение электронов в пространстве взаимодействия с СВЧ полем, образование электронных «спиц», обмен энергией.
32. Условие синхронизма магнетрона.
33. Параметры, рабочие и нагрузочные характеристики магнетрона.
34. Платинотрон: устройство, принцип работы и применение.
35. Особенности структуры зоны проводимости GaAs, образование доменов.

36. Зависимость тока через полупроводник с многодолинной структурой зоны проводимости от напряженности электрического поля.

37. Зависимость скорости электронов в полупроводнике с многодолинной структурой зоны проводимости от напряженности электрического поля.

38. Эффект Ганна. Форма тока в пролетном режиме. Частота генерируемых колебаний.

39. Режим работы диода Ганна с задержкой образования домена.

40. Режим работы диода Ганна с подавлением домена.

41. Режим ограниченного накопления объёмного заряда в диоде Ганна.

42. Гибридный режим работы генераторов на диоде Ганна.

43. Параметры и свойства генераторов на диодах Ганна.

44. Особенности устройства и применения диодов Ганна.

45. Режимы работы генераторов на диодах Ганна, их особенности и применение.

46. Конструктивное исполнение, параметры и свойства генераторов на диодах Ганна.