

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДЕНО:

Декан

А. Г. Коротаев

Оценочные материалы по дисциплине

Теория колебаний

по направлению подготовки / специальности

03.03.03 Радиофизика

Направленность (профиль) подготовки/ специализация:
Киберфизические системы, прикладная электроника и квантовые технологии

Форма обучения

Очная

Квалификация

Радиофизик-кибернетик, преподаватель. Разработчик киберфизических и квантовых систем

Год приема

2024

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

О.А. Доценко

Председатель УМК

А.П. Коханенко

1. Компетенции и индикаторы их достижения, проверяемые данными оценочными материалами

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-2 Способен проводить экспериментальные и теоретические научные исследования объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные.

ПК-1 Способен проанализировать поставленную задачу в области радиофизики и электроники, осуществлять поиск, обобщение и использование научно-технической информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональной задачи.

ПК-3 Способен использовать современное оборудование для решения задач в области радиофизики и электроники.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

РООПК 2.1 Знает соответствующие ресурсы, современные методики и оборудование для проведения экспериментальных и теоретических исследований

РООПК 2.2 Умеет обрабатывать для получения обоснованных выводов и представлять полученные результаты экспериментальных и теоретических исследований

РОПК 1.2 Умеет эффективно осуществлять поиск теоретических и экспериментальных данных в исследуемой и смежных областях деятельности, необходимых для решения поставленной задачи

РОПК 1.3 Владеет приемами сравнительного анализа вариантов решения задачи, определения рисков, связанных с реализацией различных вариантов

РОПК 3.2 Умеет проводить радиофизические измерения с использованием современных средств измерения и контроля

2. Оценочные материалы текущего контроля и критерии оценивания

Элементы текущего контроля:

- тесты;
- лабораторные работы.

Тест (РОПК 1.2)

1. Состояние равновесия динамической системы *асимптотически* устойчиво, если корни характеристического уравнения линеаризованной системы равны:

- а) $\sigma \pm j\omega$, $\sigma > 0$
- б) $-\sigma \pm j\omega$,
- в) $-\sigma$
- г) $\pm j\omega$.

2. Амплитудно-частотная характеристика линейного пассивного осциллятора при параметрическом возбуждении имеет вид:

- а) симметричной гладкой резонансной кривой,
- б) наклонённой гладкой резонансной кривой,
- в) неограниченной гладкой резонансной кривой,
- г) области, ограниченной по частоте слева и справа и ограниченной по амплитуде,
- д) области, ограниченной по частоте слева и справа и неограниченной по амплитуде.

Тест (РОПК 1.3)

3. Метод медленно меняющихся амплитуд применим

- а) только к линейным дифференциальным уравнениям,

- б) к любым дифференциальным уравнениям,
- в) к нелинейным дифференциальным уравнениям с малой нелинейностью,
- г) к алгебраическим уравнениям.

4. Каким числом степеней свободы должна обладать динамическая система, чтобы в ней появилась возможность возникновения хаотических движений?

- а) 0,5,
- б) 1,0,
- в) 1,5,
- г) 2,0,
- д) 2,5.

Ключи: 1 б), в), 2 д), 3 в), 4 в)

Критерии оценивания: тест считается пройденным, если обучающий ответил правильно как минимум на 80% вопросов.

Лабораторные работы (РООПК 2.1, РООПК 2.2, РОПК 3.2)

Лаборатория состоит из следующих работ:

1. Исследование RC – автогенератора низкой частоты
2. Исследование блокинг–генератора
3. Явление синхронизации и резонанс второго рода
4. Динамические системы с запаздывающей обратной связью
5. Двухконтурный автогенератор
6. Преобразование частоты и основы супергетеродинного приёма
7. Вынужденные колебания в нелинейном контуре.

Критерии оценивания:

Результаты лабораторной работы определяются баллами «8-10», «5-7», «4-6», «менее 4».

Оценка «8-10» («отлично» по пятибалльной шкале) выставляется, если даны правильные ответы на все теоретические вопросы, корректно проведены эксперименты и правильно оформлен отчет.

Оценка «5-7» («хорошо» по пятибалльной шкале) выставляется, если даны правильные ответы на большинство теоретических вопросов, корректно проведены эксперименты и в основном правильно оформлен отчет.

Оценка «4-6» («удовлетворительно» по пятибалльной шкале) выставляется, если имеются принципиальные пробелы в теоретических вопросах, проведены все эксперименты, имеются погрешности и неточности в отчете.

3. Оценочные материалы итогового контроля (промежуточной аттестации) и критерии оценивания

Экзаменационный билет состоит из двух частей.

Первая часть представляет собой вопрос, проверяющий РОПК 1.3. Ответ на вопрос второй части дается в развернутой форме.

Вторая часть содержит один вопрос, проверяющий РОПК 1.2. Ответ на вопрос второй части дается в развернутой форме.

Перечень теоретических вопросов:

1. Что характеризуют регулярная и особая точки на фазовой плоскости, что такое фазовая траектория и предельный цикл.

2. Поясните подробно, какие Вам известны типы особых точек, вокруг каких особых точек может возникать предельный цикл?
3. Постройте фазовый портрет консервативного математического маятника. Поясните, что такое бифуркация. Дайте понятие грубой динамической системы.
4. Введите понятие индексов особых точек (индексов Пуанкаре); сформулируйте условия образования замкнутых фазовых траекторий.
5. Получите и постройте отображение последования для линейного активного осциллятора.
6. Введите понятия «локальной» и «глобальной» устойчивости стационарных состояний динамических систем, дайте понятие «локальной» устойчивости по Ляпунову, получите условия устойчивости покоя.
7. Получите алгебраические критерии устойчивости для систем первого, второго, третьего порядков; введите критерий Рауса-Гурвица.
8. Поясните, как можно применить понятие устойчивости покоя по Ляпунову для исследования периодического движения; сравните устойчивость движения по Ляпунову и Пуассону.
9. Обсудите применение вариационного принципа к исследованию локальной устойчивости периодических движений, поясните чередование устойчивых и неустойчивых предельных циклов.
10. Рассмотрите подробно приближённый метод решения нелинейных уравнений второго порядка – метод медленно меняющихся амплитуд (ММА).
11. Получите резонансные кривые осциллятора с нелинейной жёсткостью при силовом возбуждении.
12. Составьте уравнение движения для RLC -контура с нелинейно-параметрической ёмкостью, запишите уравнение Хилла и поясните теорему Флоке-Ляпунова. Запишите уравнение Матьё и поясните, что такое зоны Матьё.
13. Получите резонансные кривые осциллятора с нелинейной жёсткостью при параметрическом возбуждении.
14. Поясните, чем и почему отличаются резонансные кривые линейного и нелинейного RLC -контуров при силовом и при параметрическом возбуждении.
15. Составьте математические модели автоколебательных систем с мягким и жёстким режимами возбуждения.
16. Поясните, как изменяется тип особой точки и расположение декрементной и инкрементной областей активного осциллятора при изменении затухания регенерированной системы от $-\infty$ до $+\infty$ (только для мягкого режима возбуждения).
17. Проведите исследование автогенератора с жёстким режимом возбуждения на фазовой плоскости.
18. Проведите аналитическое исследование автогенератора с мягким режимом возбуждения.
19. Рассмотрите задачу о гармонической синхронизации автогенератора с мягким режимом возбуждения. Обсудите явление частичного увлечения частоты и синхронизация захватыванием, обсудите также синхронизацию гашением.
20. Поясните, в чём состоит «параметричность» явления резонанса второго рода (частный случай резонанса n – того рода).
21. Приведите примеры динамических систем с n степенями свободы и укажите варианты их математических моделей.
22. Обсудите свойства широкополосного усилителя с запаздывающей обратной связью.
23. Покажите, какими особенностями обладают автоколебательные системы с запаздывающей обратной связью.
24. Каков должен быть порядок динамической системы, чтобы в ней появилась

возможность возникновения хаотических движений? Поясните возможные сценарии возникновения хаоса в детерминированных системах.

Критерии оценивания:

Результаты экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Оценка «отлично» выставляется, если на теоретические вопросы даны развернутые ответы.

Оценка «хорошо» выставляется, если в развернутых ответах имеются небольшие недочеты и пробелы.

Оценка «удовлетворительно» выставляется, если ответы носят отрывочный и несистематический характер.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если ответы на вопросы не даны.

4. Оценочные материалы для проверки остаточных знаний (сформированности компетенций)

Тест

1. Виды траекторий вблизи особой точки типа «узел» (РОПК 1.2)

- а) Раскручивающиеся спирали.
- б) Гиперболы.
- в) Семейство концентрических эллипсов.
- г) Семейство парабол.

2. На каких частотах p изменения энергоёмкого параметра RLC -контура возможно возникновение нарастающих колебаний? (РОПК 1.3)

- а) $p = n\omega_{рез}$, ($n = 1, 2, \dots$)
- б) $p = \omega_{рез} / n$,
- в) $p = 2\omega_{рез} / n$,
- г) $p = \omega_{рез} / 2n$.

Ключи: 1 г) 2 в).

Теоретические вопросы:

1. Какова функциональная схема автоколебательной системы? (РООПК 2.1).

Ответ должен содержать основы теории построения колебательных систем, роль принципов баланса фаз и амплитуд, влияние амплитудно-частотных характеристик блоков на спектр генерируемых сигналов. Роль отрицательной обратной связи в повышении частотной стабильности.

2. Какие виды взаимодействий могут иметь место при подаче внешней гармонической ЭДС на генерирующую и на недовозбуждённую автоколебательную систему? (РООПК 2.2).

Ответ должен содержать анализ явлений синхронизации и резонанса 2-го рода в неавтономных автоколебательных системах. Анализ недовозбужденной и генерирующей систем. Соотношения между частотами автогенератора и внешнего воздействия. Понятие автопараметрического воздействия. Эффекты субгармонического захватывания и гашения автоколебаний.

Кейс (РОПК 1.2)

Основные задачи теории колебаний. Нелинейная динамика, основные способы исследования динамических систем, типы уравнений и способы их решения.

Ответ должен содержать перечень основных задач теории колебаний, особенности нелинейных динамических систем, способы их качественного, аналитического и численного описания. Перечень теоретических и экспериментальных подходов, используемых при исследовании таких систем. Возможности аналитических подходов к решению дифференциальных уравнений.

Информация о разработчиках

Дорофеев Игорь Олегович, кандидат физико-математических наук, доцент, кафедра радиозлектроники, доцент