

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

Статистическая радиофизика

по направлению подготовки

03.03.03 Радиофизика

Направленность (профиль) подготовки:

Радиофизика, электроника и информационные системы

Форма обучения

Очная

Квалификация

Бакалавр

Год приема

2024

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

М.Л. Громов

Председатель УМК

А.П. Коханенко

Томск – 2025

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

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-1 Способен применять базовые знания в области физики и радиофизики и использовать их в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности;

ПК-2 Способен проводить математическое моделирование процессов в приборах и устройствах радиофизики и электроники, владеть современными отечественными и зарубежными пакетами программ при решении профессиональных задач.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК 1.1 Обладает базовыми знаниями в области математики и физики, необходимыми для освоения специальных дисциплин.

ИОПК 1.2 Обладает базовыми знаниями в области радиофизики, необходимыми для профессиональной деятельности.

ИОПК 1.3 Применяет базовые знания в области физики и радиофизики при осуществлении профессиональной деятельности.

ИПК 2.1 Понимает принцип действия и модели разрабатываемого радиоэлектронного прибора или устройства.

ИПК 2.2 Применяет в профессиональной деятельности различные численные методы, в том числе реализованные в готовых библиотеках при решении конкретных радиофизических задач.

ИПК 2.3 Владеет современными пакетами программ при решении задач в области радиофизики и радиоэлектроники.

2. Оценочные материалы текущего контроля и критерии оценивания

Элементы текущего контроля:

– задачи;

Контрольные вопросы для практических занятий (ИОПК-1.1, ИОПК-1.2, ИОПК-1.3, ИПК 2.1, ИПК 2.2, ИПК 2.3)

1. Что такое ансамбль реализаций случайного процесса?

Все реализации, получаемые на приборах, образуют ансамбль реализаций объёмом . В общем случае ансамбль реализаций имеет бесконечный объём. Конечное подмножество ансамбля реализаций, отражающее основные особенности СП называется генеральным ансамблем реализаций.

2. Что такое кумулянтное разложение и в чем его особенность для нормальных случайных процессов?

Кумулянтным разложением называется разложение в ряд Тейлора вида

$$\ln[\varphi(u;t)] = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{[iu]^n}{n!} \kappa_n(t) \quad , \text{ или } \quad \varphi(u;t) = \exp \left\{ \sum_{n=0}^{\infty} \frac{[iu]^n}{n!} \kappa_n(t) \right\}$$

Сами коэффициенты разложения

$$\kappa_n(t) = \left. \frac{1}{i^n} \frac{\partial^n}{\partial u^n} \ln[\varphi(u;t)] \right|_{u=0} ,$$

называются кумулянтами n -го порядка. Для нормального случайного процесса отличны от нуля только 1-я и 2-я кумулянты.

3. Отличаются ли временное среднее и среднее по ансамблю реализаций? Что такое эргодические процессы?

$$\bar{\xi}_T(t) = \frac{1}{2T} \int_{-T}^T \xi(t+t') dt', \quad \langle \xi(t) \rangle_N = \sum_m x_m \frac{n_m}{N} \text{ среднее по времени и по ансамблю}$$

реализаций. Процесс является эргодическим, если среднее по времени при достаточно большом интервале усреднения с вероятностью сколь угодно близкой к единице стремится к средней по ансамблю реализаций.

4. Можно ли по энергетическому спектру случайного процесса оценить дифференцируемость случайного процесса?

Для того чтобы СП был дифференцируемым необходимо, чтобы энергетический спектр исходного процесса убывал быстрее, чем

$$W_\xi(\omega) < \omega^{-2} \text{ при } \omega \rightarrow \infty.$$

Следует это свойство из требования конечности дисперсии производной и сходимости несобственного интеграла:

$$\sigma_{\xi'}^2 = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \omega^2 W_\xi(\omega) d\omega.$$

5. В чем отличие задач обнаружения и выделения сигналов в условиях шумов?

Для обнаружения сигнала используется согласованная фильтрация, а для выделения – оптимальная фильтрация

6. Как вычислить коэффициент корреляции двух процессов?

С корреляционной функцией связаны коэффициент корреляции $R(t_1, t_2)$, который определяются как

$$R(t_1, t_2) \equiv \frac{K(t_1, t_2)}{\sigma(t_1)\sigma(t_2)}.$$

7. Что такое белый шум?

Среди стационарных СП выделяют т.н. белый шум, как процесс у которого энергетический спектр постоянен во всем диапазоне частот: $W(\omega) = W_0 = \text{const}$.

8. Что такое условие нормализации случайного процесса?

Прохождение шумов через радиоэлектронные системы приводит к их нормализации.

9. Как оценить отношение сигнал-шум для случайного процесса?

Количественной мерой наличия шума в сигнале является отношение сигнал-шум (ОСШ), которое определяется как

$$\gamma_0(t) = \frac{|S_0(t)|^2}{\sigma_\xi^2}.$$

10. Можно ли использовать случайные сигналы для измерения характеристик линейных систем?

Взаимная корреляционная функция входного и выходного СП:

$$K_{\xi\zeta}(t_1, t_2) = \langle \delta \xi(t_1) \delta \zeta(t_2) \rangle = \int_{-\infty}^{\infty} h(t_2 - t') K_\xi(t' - t_1) dt' = W_0 h(t_2 - t_1).$$

Она точно до постоянного множителя повторяет ИХ фильтра. Это дает статистический способ измерения ИХ системы: нужно лишь оценить КФ входного и выходного процессов.

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

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена (ИОПК-1.1, ИОПК-1.2, ИОПК-1.3, ИПК 2.1, ИПК 2.2, ИПК 2.3):

Экзаменационные билеты

Билет № 1

1. Понятие случайного процесса. Распределение значений в одном сечении.
2. Метод дифференциального уравнения для расчета энергетических характеристик на выходе нелинейного элемента.

Билет № 2

1. Многомерные распределения и их свойства.
2. Распределение огибающей смеси «сигнал+шум».

Билет № 3

3. Моментные функции.
4. Выделение сигнала из шума. Оптимальный прием.

Билет № 4

5. Характеристическая функция и ее свойства.
6. Обнаружение сигнала на фоне шума. Согласованная фильтрация.

Билет № 5

7. Разложение характеристической функции по моментам.
8. Непрерывность и дифференцируемость случайного процесса в среднеквадратическом смысле. Необходимые и достаточные условия.

Билет № 6

9. Нормальное распределение. Коэффициенты асимметрии и эксцесса.
1. Критерий обнаружения максимального правдоподобия и идеального наблюдателя.

Билет № 7

1. Стационарные случайные процессы. Определение и свойства.
2. Критерий обнаружения Неймана-Пирсона.

Билет № 8

1. Свойства энергетического спектра стационарного процесса.
2. Энергетические характеристики сопряженных по Гильберту случайных процессов.

Билет № 9

1. Средние по времени характеристики реализаций Эргодические процессы.
2. Аналитический сигнал.

Билет № 10

1. Центральная предельная теорема.
2. Взаимная корреляция сопряженных по Гильберту случайных процессов.

Билет № 11

1. Условная плотность нормального распределения.
2. Распределение фазы смеси «сигнал+шум».

Билет № 12

1. Нормальные Марковские процессы.
2. Согласованная фильтрация и корреляционный прием.

Билет № 13

1. Уравнение Фоккера-Планка-Колмогорова.
2. Распределение огибающей и фазы нормального узкополосного шума.

Билет № 14

1. Процесс с независимыми приращениями.
2. Корреляционная функция на выходе предельного ограничителя.

Билет № 15

1. Дробовой шум.
2. Критерий обнаружения Неймана-Пирсона.

Билет № 16

1. Распределение Пуассона.
2. Статистические свойства производной случайного процесса.

Билет № 17

1. Функция корреляции дробового шума.
2. Корреляционный прием.

Билет № 18

1. Энергетический спектр дробового шума. Формула Шоттки.
2. Энергетический спектр случайного процесса на выходе нелинейной системы.

Билет № 19

1. Тепловой шум. Формула Нейквиста.
2. Взаимная корреляция шумов на выходе двух линейных систем.

Билет № 20

1. Моментные функции.
2. Корреляция квадратурных составляющих.

Билет № 21

1. Корреляционная функция случайного процесса и ее свойства. Коэффициент корреляции.
2. Энергетический спектр случайного процесса на выходе квадратичного детектора.

Билет № 22

1. Характеристическая функция и ее свойства.
2. Энергетический спектр на выходе линейного инерционного фильтра.

Билет № 23

1. Стационарные случайные процессы и их свойства.
2. Нормализация процесса на выходе линейной инерционной системы.

Билет № 24

1. Спектральные представления случайных процессов. Теорема Винера-Хинчина.
2. Корреляционный прием.

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

1. Свойства плотности распределения сл. процесса
2. Свойства кор. функции сл. процесса
3. Свойства эн. спектра сл. процесса
4. Свойства характеристической функции

5. Стационарность сл. процесса
6. Эргодичность сл. процесса
7. Выбор времени усреднения
8. Нормальный сл. процесс, свойства
9. Марковский сл. процесс
10. Винеровский сл. процесс
11. Теорема Винера-Хинчина
12. Белый шум. свойства
13. Формула Шоттки
14. Формула Найквиста
15. Центральная предельная теорема
16. Критерий идеального наблюдателя
17. Понятие узкополосного сл. процесса
18. Распределение Рэлея
19. Что характеризуют коэффициенты эксцесса и асимметрии
20. Связь моментных функций и плотности распределения сл. процесса

Информация о разработчиках

Шипилов Сергей Эдуардович, д.ф-м.н., профессор кафедры радиофизики