

Учебная программа

Дисциплины «Измерения в цифровых каналах передачи данных»

магистерская программа «Информационные процессы и системы»

Автор программы Канаков В.А.

Содержание разделов дисциплины

1. Общие вопросы измерений

Основные определения и терминология. Измерение, физическая величина. Истинное и действительное значение, погрешность. Основные элементы измерений. Классификация измерений. Основы теории погрешностей. Классификация погрешностей. Некоторые характеристики измерений, определяемые погрешностями. Классы точности измерительных приборов. Основы теории обработки результатов измерений. Случайные и систематические погрешности. Погрешности косвенных измерений. Учет и исключение систематической погрешности. Учет и оценка случайных погрешностей. Суммирование погрешностей. Схема обработки результатов измерений. Запись результатов измерений.

2. "Измерительные технологии" в цифровых сетях связи

Понятие "измерительной технологии". Классификация измерительных технологий для цифровых сетей связи. Области применения измерительных технологий. Цели измерений. Системное и эксплуатационное измерительное оборудование. Измерения в различных частях системы электросвязи.

3. Оценки неизвестных параметров сигнала по наблюдаемой на конечном интервале времени его реализации

Оценка амплитуды. Совместные оценки амплитуды и фазы гармонического сигнала. Оценки параметров узкополосного сигнала на фоне аддитивного белого шума. Измерение времени прихода сигнала. Совместное измерение времени прихода и частоты сигнала.

4. Специфические измерения параметров цифровых каналов передачи информации

Понятие бинарного канала и методы анализа его параметров. Основные параметры, измеряемые в бинарном цифровом канале. Тестовые последовательности. Методы вычисления параметров ошибок в цифровых каналах. Методы расчета параметра BER. Методы расчета параметра ES. Методология измерений без отключения канала. Объективность измеренных результатов. Проблема выбора времени проведения измерения. Коэффициент достоверности измеренных величин. Влияние времени проведения измерения. Методы нормирования параметров цифровых каналов. Гипотетическая модель цифрового тракта. Гипотетическая модель ISDN (HRX). Гипотетическая модель радиочастотной системы передачи (HRDP). Пересчет параметров гипотетической модели в параметры реального канала. Недостатки линейной аппроксимации. Дальнейшее развитие методологии нормирования параметров цифровых каналов. Утвержденные методологии G.821/G.826/M.2100. Методология G.821. Методология G.826. Методология эксплуатационных измерений M.2100/M.2101. Параметры ошибок и методы их измерений по Приказу №92. Методология измерений параметров аналого-цифровых преобразований ИКМ. Значение методологии измерений аналого-цифровых преобразователей. Методы измерений аналоговых каналов. Влияние шумов квантования на параметры тестовых аналоговых сигналов. Методология измерений А-Ц (аналог-цифра).

5. Методология измерений джиттера в цифровых системах передачи

Понятие джиттера, его классификация и влияние на параметры качества цифрового канала. Причины возникновения джиттера и его типы. Регулярный и нерегулярный джиттер, связанный с внешними условиями. Джиттер стаффинга. Джиттер в системах SDH. Джиттер по смещению указателей и джиттер загрузки. Необходимость измерений джиттера. Общая методология измерений джиттера. Устройство анализатора джиттера. Измерение собственного джиттера системы передачи. Измерение максимально допустимого джиттера. Метод по критерию

увеличения параметра BER. Метод с использованием критерия появления ошибок. Структура маски МТJ. Измерение передаточной характеристики джиттера. Вопросы методологии измерений джиттера составного канала. Методология измерений вандера.

6. Представление сигналов цифровых систем связи в виде диаграмм

Глазковые диаграммы. Диаграммы состояний. Алгоритмические диаграммы - диаграмма Треллиса и древовидная диаграмма.

7. Радиочастотные измерения

Особенности радиочастотных измерений. Измерения радиоэфира. Национальные системы радиоконтроля. Системы радиоконтроля областного и местного значения. Системы радиоконтроля локального назначения. Измерение характеристик ретрансляторов. Измерения АЧХ ретранслятора. Измерения линейности усиления ретрансляторов. Измерение фазово-частотных характеристик ретранслятора. Измерение шумов ретранслятора. Измерения характеристик компонентов радиочастотного тракта. Основные параметры для измерений участков радиочастотного тракта. Измерения параметров модулятора/демодулятора. Анализ работы усилителей и фильтров. Измерение параметров задающих генераторов приемника/передатчика. Измерения антенных систем. Комплексные измерения радиочастотных трактов. Спектральный анализ канала радиочастотной системы передачи, анализ использования выделенного системе ресурса. Измерения частоты и мощности. Методы измерения зависимости параметра ошибки от отношения сигнал/шум. Измерение параметров неравномерности ФЧХ и группового времени задержки. Анализ работы эквалайзеров. Измерения параметров устойчивости к линейному затуханию и затуханию, связанному с многолучевым прохождением сигнала. Тестирование систем резервирования в трактах переключателей и систем DADE. Анализ интермодуляционных помех.

Лабораторный практикум

1. Цифровая система связи
2. Исследование помехоустойчивости системы связи при разных видах модуляции:
 - Исследование оптимальных когерентных демодуляторов АМ и ЧМ сигналов;
 - Исследование оптимальных когерентных демодуляторов ФМ и ОФМ сигналов;
 - Исследование помехоустойчивости системы связи при разных видах модуляции.

Рекомендуемая литература

а) основная литература:

1. В.А. Канаков. Измерения в цифровых каналах передачи информации. Курс лекций. Н.Новгород: ННГУ, 2006. – 175 с.

б) дополнительная литература:

1. Астайкин А.И., Астайкин М.А., Помазков А.П. Радиоизмерения на СВЧ. Саров: РФЯЦ – ВНИИЭФ, 1996. 335 с.
2. Бакланов И.Г. Методы измерений в системах связи. М.: ЭКО-ТРЕНДЗ, 1999. 196 с.
3. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники/ кн. 2. М.: Сов. Радио, 1968. 504 с.
4. А.В. Борисенко. Теория электрической связи. Методические указания к лабораторным работам. Часть 2. Санкт-Петербург: СПбГУТ; СПбГУИТМО, 2004. 66 с.
5. Радиотехнические системы передачи информации / Под ред. В.В. Калмыкова. - М. :Радио и связь, 1990. - 304 с.
6. В.И. Кривошеев. Синтез оптимальных приемных устройств радиосигналов на фоне помех. Учебное пособие. Н. Новгород: ННГУ, 2009. – 128 с.

Вопросы для контроля

1. Измерение, физическая величина
2. Истинное и действительное значение, погрешность
3. Основные элементы измерений
4. Классификация измерений

5. Классификация погрешностей
6. Характеристики измерений, определяемые погрешностями
7. Классы точности измерительных приборов
8. Случайные и систематические погрешности
9. Погрешности косвенных измерений
10. Учет и исключение систематической погрешности
11. Учет и оценка случайных погрешностей
12. Суммирование погрешностей.
13. Схема обработки результатов измерений
14. Классификация измерительных технологий для цифровых сетей связи
15. Области применения измерительных технологий
16. Цели измерений
17. Системное и эксплуатационное измерительное оборудование
18. Измерения в различных частях системы электросвязи
19. Оценка амплитуды по дискретной выборке сигнала
20. Совместные оценки амплитуды и фазы гармонического сигнала по дискретной выборке
21. Оценки параметров узкополосного сигнала на фоне аддитивного белого шума по дискретной выборке
22. Измерение времени прихода сигнала
23. Совместное измерение времени прихода и частоты сигнала
24. Понятие бинарного канала и методы анализа его параметров
25. Основные параметры, измеряемые в бинарном цифровом канале
26. Тестовые последовательности
27. Методы расчета параметра BER
28. Методы расчета параметра ES
29. Методология измерений без отключения канала
30. Объективность измеренных результатов
31. Проблема выбора времени проведения измерения
32. Коэффициент достоверности измеренных величин
33. Влияние времени проведения измерения
34. Гипотетическая модель цифрового тракта
35. Гипотетическая модель ISDN (HRX)
36. Гипотетическая модель радиочастотной системы передачи (HRDP)
37. Пересчет параметров гипотетической модели в параметры реального канала
38. Методология G.821
39. Методология G.826
40. Методология эксплуатационных измерений M.2100/M.2101
41. Параметры ошибок и методы их измерений по Приказу №92
42. Методология измерений параметров аналого-цифровых преобразований ИКМ
43. Методы измерений аналоговых каналов
44. Влияние шумов квантования на параметры тестовых аналоговых сигналов
45. Методология измерений А-Ц (аналог-цифра)
46. Понятие джиттера, его классификация и влияние на параметры качества цифрового канала
47. Причины возникновения джиттера и его типы
48. Регулярный и нерегулярный джиттер, связанный с внешними условиями
49. Джиттер стаффинга
50. Джиттер в системах SDH. Джиттер по смещению указателей и джиттер загрузки
51. Устройство анализатора джиттера
52. Измерение собственного джиттера системы передачи
53. Измерение максимально допустимого джиттера
54. Метод по критерию увеличения параметра BER
55. Метод с использованием критерия появления ошибок
56. Структура маски MTJ
57. Измерение передаточной характеристики джиттера
58. Методология измерений вандера

59. Глазковые диаграммы
60. Диаграммы состояний
61. Алгоритмические диаграммы - диаграмма Треллиса и древовидная диаграмма
62. Особенности радиочастотных измерений
63. Измерения радиоэфира
64. Измерения АЧХ ретранслятора
65. Измерения линейности усиления ретрансляторов
66. Измерение фазово-частотных характеристик ретранслятора
67. Измерение шумов ретранслятора
68. Основные параметры для измерений участков радиочастотного тракта
69. Измерения параметров модулятора/демодулятора
70. Анализ работы усилителей и фильтров
71. Измерение параметров задающих генераторов приемника/передатчика
72. Измерения антенных систем
73. Спектральный анализ канала радиочастотной системы передачи, анализ использования выделенного системе ресурса
74. Измерения частоты и мощности
75. Методы измерения зависимости параметра ошибки от отношения сигнал/шум
76. Измерение параметров неравномерности ФЧХ и группового времени задержки
77. Анализ работы эквалайзеров
78. Измерения параметров устойчивости к линейному затуханию и затуханию, связанному с многолучевым прохождением сигнала
79. Тестирование систем резервирования в трактах переключателей и систем DADE
80. Анализ интермодуляционных помех