

Учебная программа

Дисциплины «Методы радиоприема слабых шумовых излучений»

магистерская программа «Информационные процессы и системы»

Авторы программы Кисляков А.Г., Ястребов И.П.

Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Источники шумов в приемных устройствах

Естественные и технические шумы. Шумы космического происхождения. Излучение атмосферного происхождения. Тепловой шум. Дробовой эффект. Шумы в полупроводниках. Фликкер-шум. Шумы усилительного элемента.

Раздел 2. Шумовые характеристики радиотехнических устройств

Шумовое сопротивление, шумовая температура, коэффициент шума, шумовое число. Шум усилительного каскада. Шумы смесителя. Коэффициент шума радиоприемного устройства. Шумовые температуры и рабочие диапазоны частот транзисторных и параметрических усилителей, преобразователей частоты и детекторов.

Раздел 3. Радиоприем широкополосных сигналов

Микроволновые радиометры. Чувствительность радиометра. Минимальное обнаружимое приращение эффективной температуры излучения. Схемы радиометров: компенсационный, модуляционный и корреляционный радиометры, их чувствительность. Соотношение их пороговых сигналов. Детекторный радиометр и распределение усиления в радиометре. Применение цифровых устройств в радиометрах. Принципы дискретизации и квантования сигнала при измерении его среднего значения или вариаций. Оценка ошибок. Знаковый коррелятор в спектрометрических приборах. Входные устройства радиометров.

Раздел 4. Устройства радиоприема, основанные на квантовых эффектах

Идеальный радиометр. Фундаментальный предел шумовой температуры усилителя. Фундаментальный предел чувствительности при измерениях интенсивности тепловых излучений. Достижимые параметры резистивных преобразователей частоты. Квазичастичные преобразователи частоты и детекторы. СИС-структуры. Стационарный и нестационарный эффекты Джозефсона. Измерение слабых магнитных полей. Квантовый магнитометр («сквид»). Понятие «кванта» магнитного потока. Чувствительность сквида в гистерезисном и безгистерезисном режимах.

Раздел 5. Статистические характеристики радиоприема

Оптимальное обнаружение и различение сигналов. Соотношения для бинарной задачи различения. Оптимальное различение двух радиосигналов со случайными фазами. Оптимальное некогерентное обнаружение радиосигналов. Оптимальное обнаружение случайного процесса

Рекомендуемая литература

а) основная литература:

1. Ван А. Дер Зил. Шум. Источники, описание, измерение. М.: Советское радио, 1973.
2. С.М. Рытов. Введение в статистическую радиофизику. М.: Наука. 1966.
3. Н.С. Крейнгель. Шумовые параметры радиоприемных устройств. Л.: Наука, 1969.
4. А.Н. Малахов. Флуктуации в автоколебательных системах. М.: Наука. 1968.
5. В. Жалуд, В.Н. Кулешов. Шумы в полупроводниковых устройствах. М.: Советское радио, 1977.
6. А.Г. Кисляков, В.А. Разин, Н.М. Цейтлин. Введение в радиоастрономию. Учебник для студентов ВУЗов, обучающихся по специальности "Радиофизика и электроника". Часть I. Основы радиоастрономии. Изд. ННГУ и фирмы "Физматлит" (Москва). 1995. 212 с.
7. А.Г. Кисляков, В.А. Разин, Н.М. Цейтлин. Введение в радиоастрономию. Учебник для студентов ВУЗов, обучающихся по специальности "Радиофизика и электроника". Часть II. Техника радиоастрономии. Изд. ННГУ и фирмы "Физматлит" (Москва). 1996. 195 с.

8. Н.А. Есепкина, Д.В.Корольков, Ю.Н.Парийский. Радиотелескопы и радиометры. – М.: ГИФМЛ, 1972.
9. К.К. Лихарев, Б.Т. Ульрих. Системы с джозефсоновскими контактами. – М.: Изд. МГУ, 1978.
10. М. Букингем. Шумы в электронных приборах и системах. М.: Мир, 1986.
11. В.Л. Введенский. В.И. Ожогин. Сверхчувствительная магнитометрия и биомагнетизм. М.: Наука, 1986.
12. В.И.Тихонов Оптимальный прием сигналов. М.: Советское радио, 1983.
13. А.Г.Зюко, Д.Д.Кловский, М.В.Назаров, Л.М.Финк Теория передачи сигналов. М.: Радио и связь, 1986.
14. А.Г.Зюко, Д.Д.Кловский, В.И.Коржик, М.В.Назаров Теория электрической связи. М.: Радио и связь, 1998

б) дополнительная литература:

1. Ван А. Дер Зил. Шумы при измерениях. М.: Мир, 1979.
2. В.Денда. Шум как источник информации. М.: Мир.1993.
3. А.Г.Кисляков. Методы описания и измерений шумов в радиотехнических устройствах. Учебное пособие. Изд. ГГУ. Горький, 1988.
4. А.Г.Кисляков. Предельная чувствительность радиометров и вопросы ее реализации. Учебное пособие. Изд. ГГУ. Горький, 1988.
5. Методические указания к лабораторной работе «Многоканальный спектрорадиометр 3-х миллиметрового диапазона». Изд. ННГУ, 1999 (составители Е.И.Шкелев и др.)
6. М. Макс. Методы и техника обработки сигналов при физических измерениях. М: Мир, 1983.
7. А.Г.Кисляков. Главы квантовой радиотехники. Учебное пособие. – Изд. ННГУ, 1997.
8. Основы радиофизики. Под ред. А.С. Логинова. М.:УРСС, 1996. 256 с.
9. В.И.Кривошеев. Синтез оптимальных приемных устройств радиосигналов на фоне помех. Учебное пособие. Изд-во Нижегородского госуниверситета, 2009.
10. Е.Б.Александров, А.К.Вершковский //Успехи физических наук, Т.179, 2009, № 6., с.605-638.
11. Е.Б.Александров //Успехи физических наук, Т. 180, 2010, № 5. с.509-519.

Вопросы для контроля

1. Какие источники шумов вам известны?
2. Напишите выражения для спектральной плотности теплового и дробового шума
3. Дайте определения понятиям шумовая температура, шумовое сопротивление, коэффициент шума, шумовое число.
4. Как вычислить коэффициент шума многокаскадного радиоприемного устройства?
5. Напишите выражения для чувствительности компенсационного, модуляционного, корреляционного или детекторного радиометра
6. Привести блок-схему радиометра (любого из перечисленных выше).
7. Влияние флуктуаций параметров радиометра на его чувствительность
8. К каким ошибкам в измерении среднего (мгновенного) значения амплитуды сигнала на выходе радиометра приводят операции дискретизации и квантования сигнала?
9. Влияние интерференции собственных шумов во входной цепи радиометра на точность измерений.
10. Привести характерные шумовые параметры и диапазоны рабочих частот транзисторных (параметрических) усилителей, преобразователей частоты
11. Приведите примеры радиотехнических устройств, работающих на основе квантово-механических явлений
12. Дайте определение «идеального» радиометра.
13. Как зависит чувствительность радиометра от количества типов колебаний излучения в его ВЧ тракте?
14. В чем заключается эффект Джозефсона?
15. Объясните принцип работы квантового магнитометра
16. Что такое отношение правдоподобия?
17. Что такое "критерий идеального наблюдателя"?