МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ

РЕУСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахско-Американский Университет

ТЕОРИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СВЯЗИ

Методическое пособие для самостоятельной работы

и контрольное задание для студентов

факультета «Телекоммуникации»

УТВЕРЖДАЮ

И.о. ректора КАУ

\_\_\_\_\_\_А.Р. Кушенов

«\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_2001г

г. Алма-Ата 2001г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение

Учебно-методическая карта дисциплины

Структура дисциплины

Содержание дисциплины

Вопросы для самопроверки

Курсовая работа

Контрольные задания

Методические указания к выполнению контрольных работ

Литература



В результате получим комбинацию кода Хэмминга *00101010011*, которая будет передана в канал связи.

Функциональная схема должна состоять из входного регистра с семью ячейками для семи информационных позиций, четырех сумматоров для четырех проверочных позиций и из выходного регистра с *11* ячейками (четыре проверочных и семь информационных).

Таблица 5.3.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № позиции | Двоичное число | | | |
| 4 | 3 | 2 | 1 |
| 1 |  |  |  | 1 |
| 2  3 |  |  | 1  1 | 0  1 |
| 4  5  6  7 |  | 1  1  1  1 | 0  0  1  1 | 0  1  0  1 |
| 8  9  10  11 | 1  1  1  1 | 0  0  0  0 | 0  0  1  1 | 0  1  0  1 |

Из табл. 5.3. Находим, что единицу в первом разряде имеют все нечетные номера позиций кодовой комбинации.

Следовательно, первая проверка по модулю два должна охватывать все нечетные номера позиции:



поверочным элементом является первая позиция кодовой комбинации, а ее значение можно определить из выражения.



результат второй проверки определяет второй разряд двоичного числа. Из табл. 5.3 находим все номера позиции, имеющие единицу во втором разряде.



проверочным элементом является вторая позиция.



рассуждая аналогично, найдем номера позиций третьей и четвертой проверок, а также проверочные элементы.



Следовательно, проверочным элементами являются *1-я, 2-я, 4-я, 8-я* позиции, а остальные – информационными. Тогда информационные элементы будут иметь значения



Определим значения проверочных элементов

ВВЕДЕНИЕ

В теории электрической связи рассматриваются вопросы преобразования сообщений в электрические сигналы, преобразования и передача сигналов включающих в себя вопросы генерирования сигналов, кодирования модуляции, помехи и искажения сигналов, оптимального приема, помехоустойчивого кодирования, повышение эффективности систем связи и т. д.

Для успешной творческой работы в области производства и эксплуатации средств связи, современный инженер должен быть достаточной степени знаком с вопросами преобразования сообщений и сигналов и дать количественную оценку, знать состав сигналов их спектральный анализ, способы преобразования сигналов в передатчике и приемнике. Методы передачи непрерывных и дискретных сигналов, способы повышения верности передачи сигналов.

Предмет «Теория электрической связи» устанавливает качественные и количественные характеристики информации, формирует условия согласования источников информации с каналами связи, для повышения помехоустойчивости передачи сигналов по каналам связи с помехами использует способы применения корректирующих код и систем передачи с обработкой связью, рассматривает вопросы оптимального декодирования сигналов.

Курс «Теория электрической связи» относится к числу фундаментальных дисциплин подготовки высококвалифицированных инженеров, владеющих современными методами анализа и синтеза систем и устройств связи различного назначения.

Целью курса является изучение основных закономерностей и методов передачи сообщений по каналам связи и решение задачи анализа и синтеза систем связи.

Курс «Теория электрической связи» предназначен для подготовки инженеров электросвязи широкого профиля по специальностям автоматической электросвязи, многоканальной телекоммуникационной системы, радиосвязь, радиовещание и телевидение, а также бакалавров по направлению телекоммуникаций.

Самостоятельная работа по подготовке освоению курса начинается с внимательного изучения разделов по литературе и ответа на контрольные вопросы. Затем студент выполняет контрольную работу. В контрольной работе внимание уделяется вопросам количественной оценке сигналов, спектральному анализу, амплитудно-частотным и фазо-частотным характеристикам, модуляции и детектированию, а также помехоустойчивости кодированию.

Каждый студент заочного отделения должен выполнять контрольную работу по 4 из девяти задач, из таблицы 4.1. в соответствии с индивидуальным заданием по последней цифре шифра (номера зачетной книжки).

Изучив дисциплину, студент должен:

Знать состав и назначение элементов обобщенной схемы системы передачи информации; способы временного и частотного представлений детерминированных и случайных непрерывных, импульсных и цифровых сигналов; основные соотношения, определяющие производительность источников и пропускную способность каналов;

способов решения задачи помехоустойчивого приема при обнаружении, различении, оценке параметров и т. п.; основные способы модуляции, виды помехоустойчивых кодов, математические способы их описания, построения и области применения в каналах с различными статистиками ошибок; принципы разделения каналов и структурные схемы многоканальных систем.

2. Уметь выбирать способы модуляции, кодирования, приема сигналов и других преобразований в соответствии с характеристиками каналов (уровень помех, статистикой ошибок); оценивать эффективность систем передачи и их возможности обеспечения необходимой скорости и верности передачи; разбираться в принципах работы новых систем передачи и функциях их элементов.

3. Иметь представление о способах построения модемов, кодирующих и декодирующих устройств, приемников информации и других преобразователей сигналов; синтезе оптимальных фильтров; направления развития способов и систем передачи.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ**

Структура дисциплины

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Разделы (темы) | Количество часов | | | | | | уч. литература |
| всего ауд | лек | лаб. | практ. | для з/о | сам. раб. |
| 1 | Вводная лекция | 2 | 2 | - | - | 1 | 2 | Л1 |
| 2 | Общие сведения о системах электросвязи | 10 | 6 | - | 4 | 1 | 6 | Л1 Л2 |
| 3 | Основные характеристики систем электросвязи | 22 | 14 | 4 | 4 | 2 | 16 | Л2 Л6 |
| 4 | Формы и способы преобразования сигналов и кодирования | 24 | 16 | 4 | 4 | 2 | 20 | Л2 Л8 |
| 5 | Методы формирования и преобразования сигналов | 22 | 12 | 6 | 4 | 3 | 20 | Л3 Л8 |
| 6 | Каналы электросвязи и способы передачи сигналов по ним | 18 | 12 | 4 | 2 | 3 | 12 | Л7Л8 |
| 7 | Методы повышения верности передачи цифровых сигналов. Помехоустойчивые коды. | 24 | 14 | 6 | 4 | 3 | 20 | Л2 Л6 |
| 8 | Системы передачи информации с обратной связью | 6 | 4 | - | 2 | 2 | 5 | Л1Л8 |
| 9 | Теория помехоустойчивого приема сигнала. | 22 | 12 | 4 | 6 | 4 | 14 | Л2Л5 |
| 10 | Принципы построения многоканальных систем электросвязи | 12 | 6 | 4 | 2 | 1 | 6 | Л1Л4Л8 |
| 11 | Методы повышения эффективности систем электросвязи | 8 | 4 | 2 | 2 | 2 | 4 | Л3Л8 |
|  | Всего | 170 | 102 | 34 | 34 | 24 | 125 |  |

Таблица 5.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *n* | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| *Jn(β)* | -0,18 | -0,33 | 0,047 | 0,37 | 0,39 | 0,26 | 0,13 |

Для частотно-модулированного колебания индекс модуляции находят как . Значения *Jn(β)* для *β=10* приведены в табл. 5.2.



Таблица 5.2.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| n | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| *Jn(β)* | -0,25 | 0,044 | 0,26 | 0,06 | -0,22 | -0,23 | -0,014 | 0,22 | 0,32 | 0,29 | 0,21 | 0,12 |

*Методические указания к решению задачи 9*

Любой корректирующий код содержит *n* элементов, которых *m* информационных и *к* проверочных. Тогда *n=m+к*. Длину кодовой комбинации *n* кода Хэмминга. При заданном числе информационных элементов *m* можно определить из неравенства



Покажем принцип построения кодовой комбинации кода Хэмминга, если шифр студента 01-МТС-7.

Учитывая, что в шифре содержится только одна цифра 7 к ней необходимо добавить цифры 1 и 0 тогда цифра получится 107. В двоичной системе счисления путем последовательного деления числа 107 на 2:

*(1101011).* Следовательно, исходная кодовая комбинация будет иметь семь элементов *(m=7)*



Определим число проверочных элементов из неравенства



Отсюда *n=11, к=4*. Следовательно, кодовая комбинация будет содержать *11* элементов из которых *7* информационных и *4* проверочных.

Определим позиции проверочных элементов в кодовой комбинации. Для этого запишем номера позиций кодовой комбинации в двоичной системе счисления – табл. 5.3.

передачи частотно-импульсной модуляцией (ЧИМ), широтно-импульсной мо Здесь через обозначена функция *sin c(x)=sin(x)/x*



Фазо-частотная характеристика (ФЧХ)

*θ(ω)=π∙n* где *n=0,1,2…*

или *φ(f)=θ(f)=-πn, n∙103 ≤f<(n+1) 103*

Эффективная ширина спектра импульса

∆



При расчете спектральной плотности пачек видеоимпульсов спектральную плотность первого импульса в пачке обозначают *S1(ω),* тогда для второго импульса, сдвинутого относительно первого на период *Т* (в сторону запаздывания), *S2(ω)= S1(ω)l-iωT*, для третьего *–S3(ω)= S1(ω)l-i2ωT*.

Для группы из *N* импульсов

*SN(ω)= S1(ω)[1+l-iωT+ l-i2ωT+…+ l-i(N-1)ωT]*

На частотах, отвечающих условию , где *K* – целое число, т.е. модуль пачки в *N* раз больше модуля спектра одиночного импульса. Это объясняется тем, что спектральные составляющие различных импульсов с частотами складываются с фазовыми сдвигами, кратными *2π*. При частотах . Сумма векторов *l-iкT* обращается в ноль, и суммарная спектральная плотность равна нулю.



При промежуточных значениях частот модуль *S(ω)* определяется как геометрическая сумма спектральных плотностей отдельных импульсов.

Методические указания к решению задачи 8

Практическая ширина спектра частот при фазовой и частотной модуляции определяется числом *N* гармонических составляющих, равным *N=2(β+1)+1*

Амплитуда каждой составляющей спектра определяется как

*Un=U∙Jn(β)*

Где *Jn(β)* – функция Бесселя, значения которой даны в табл. 11 для *β=5*

Содержание дисциплины

Вводная

Роль передачи сигналов в народном хозяйстве передача сообщений на расстояние, физический процесс несущий сообщение, источник сообщения, информация классификация информации.

Общие сведения о системах электросвязи.

Обобщенная схема системы передачи информации электрическими сигналами и ее элементами. Показатели качества систем передачи, помехи, вероятность ошибки.

Количество информация. Энтропия. Пропускная способность. Производительность. Избыточность.

Основные характеристики систем электросвязи

Сообщения, сигналы, помехи их математические модели. Детерминированные сигналы и их характеристики, частотное и временное представление, энергия, мощность, корреляционные характеристики. Сигналы и помехи как случайные процессы, их классификация и характеристики: вероятностные, спектральные, корреляционные. Стационарность и эргодичность случайного процесса. Гауссовский случайный процесс. Марковские непрерывные и дискретные процессы, способ их представления.

Формы и способы преобразования сигналов и кодирования.

Разложение сигналов в обобщенный ряд Фурье по системам ортогональных функций. Теорема Котельникова. Интерполяционная погрешность, определение частоты дискретизации. Разностные и дельта-дискретные представления. Адаптивная дискретизация.

Понятие о кодировании сигналов. Эффективное кодирование. Первичные коды. Способы кодирования и кодирующие, декодирующие устройства.

Методы формирования и преобразования сигналов.

Принципы образования спектров сигнала. Преобразования частот. Модуляция сигналов. Модуляция как управление информационным параметром сигнала-переносчика, как преобразование сигнала в параметрической цепи.

Аналоговые непрерывные виды модуляции гармонического колебания (АМ, ЧМ, ФМ, ВМ, ОМ), их характеристики, принципы построения модуляторов и демодуляторов. Дискретные сигналы (АТ, ЧТ, ФТ, ОФТ) и их характеристики.

Цифровые виды модуляции (ИКМ, ДИКМ, ДМ), их характеристики, принципы построения АЦП и ЦАП.

Каналы электросвязи и способы передачи сигналов по ним.

Каналы электросвязи. Классификация каналов электросвязи. Математическое описание каналов электросвязи. Способы передачи сигналов по каналам электросвязи. Помехи в каналах связи. Передача сигналов по каналам связи способом амплитудно-импульсной модуляции (АИМ). Помехо-защищенность сигналов при АИМ. Способы

дуляцией (ШИМ), фазоимпульсной модуляцией (ФИМ) и относительно фазовой модуляцией (ОФМ).

Методы повышения верности передачи сигналов. Помехоустойчивые коды.

Классификация способов повышения верности сигналов передаваемых по каналам связи. Многократное повторение сообщений. Использование каналов обратной связи. Структурные схемы систем повышения верности искажения сигналов и их закономерность.

Применение помехоустойчивых кодов, их назначение, особенности и классификация. Блочные систематические коды, их математическое представление. Алгоритмы кодирования и декодирования линейных кодов. Кодирующие и декодирующие устройства блочных линейных кодов.

Циклические коды, их свойства и математическое представление. Алгоритмы кодирования и декодирования. Кодирующие и декодирующие устройства циклических кодов. Декодирование с обнаружением и исправлением ошибок различной кратности. Мажоритарное декодирование. Сверхточные коды, их свойства. Кодирующие и декодирующие устройства сверхточных кодов. Выбор кодов в соответствии со статистикой ошибок в каналах. Помехоустойчивость различных кодов. Примеры использования и перспективы применения помехоустойчивого кодирования в устройствах систем электросвязи.

Системы передачи информации с обратной связью.

Виды передачи информации с обратной связью. Система с информационной обратной связью. Система с решающей обратной связью. Система с проверкой по символам. Система с проверкой по комбинациям. Система повторения с блокировкой. Система повторения по адресам. Смешанные системы с обратной связью. Порядок выбора систем с обратной связью.

Теория помехоустойчивого приема сигналов.

Задачи приема сигналов через канал с помехами. Прием сообщений и сигналов как статистическая задача. Критерии и показатели качества оптимального приема. Теория потенциальной помехоустойчивости. Теория В.А. Котельникова. Апостериорное распределение вероятностей, распознавания, оценки параметров, фильтрации и демодуляции. Оптимальный прием сигналов со случайными параметрами. Согласованная фильтрация полностью известных сигналов. Помехоустойчивость дискретных и аналоговых импульсных сигналов при оптимальном приеме. Решающие схемы. Прием в целом и посимвольный метод приема. Метод Вагнера и прием по наиболее надежным символам. Прием со стиранием. Оценка помехоустойчивости приема в целом. Теорема финка.

Принципы построения многоканальных систем электросвязи.

Основы теории линейного разделения сигналов. Методы временного, частотного и фазового разделения. Разделение по форме. Пространственное разделение. Комбинированное разделение. Способы разделения сигналов в асипхронно-адресных системах связи. Взаимные помехи в многоканальных системах. Пропускная способность многоканальных систем.

где



Методические указания к решению задачи 5

Статистическую модуляционную характеристику следует построить для семи - десяти значений *Е* на интервале от *Uo-Um* до *Uo+Um*. Для выбранного значения *Е* и заданных *Uo* и *Um* определить угол отсечки *θ*.



Амплитуда первой гармоники тока коллектора *Jк1*



Методические указания к решению задачи 6

Для нормальной работы детектора необходимо следующие условия: *SRH>>1*



Чтобы подавлять высокочастотную составляющую коэффициент детектирования диодного детектора

и



где *θ* угол отсечки в радианах.

Отсюда *θ=arc CosKg*

Входное напряжение



Методические указания к решению задачи 7

Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) спектральной плотности прямоугольного импульса



Методические указания к решению задачи 3

Исходя из рис. *W(x)* записать значения *W(x)* для различных участков *x (a,c,d,b)*

*W(x)* вне интервала *[a,b]* равна нулю.

дельта функция. При *x=x0,* при *x≠x0,δ(x-x0)=0*



По условию нормировки



Учитывая условие нормировки дельта функция



Фильтрующее свойства дельта функции



Известно, что



Методические указания к решению задачи 4

При определении B(τ) в формулы Винера - Хинчина следует сделать замену переменной ω=ωo+Ω, и интегрирование следует производить по переменной Ω на интервале от о до ∞



Учитывая, что >>α



Функция плотности вероятности нормального (Гауссовского) стационарного случайного процесса

Основные понятия теории распределения информации. Сети распределения информации и их элементы.

Методы повышения эффективности систем электросвязи

Критерии эффективности систем связи. Оценка эффективности и методы оптимизации систем передачи информации. Эффективность аналоговых и цифровых систем. Выбор способов модуляции и помехоустойчивого кодирования. Использование обратного канала для повышения эффективности передачи дискретных сообщений. Методы уменьшения избыточности сообщений. Статистическое уплотнение. Адаптивная коррекция характеристик каналов передачи.

Вопросы для самопроверки

Тема 2.2.2.

Информация, ее роль в народном хозяйстве

Классификация информации

Система связи

Канал связи

Методы передачи информации по каналам связи

Показатели качества передачи

Виды помех в каналах связи

Методы преобразования сообщений в сигнал

Меры измерений количества информации

Что называется энтропией

Назовите диапазон частот сигналов используемых в системах электросвязи

Тема 2.2.3.

Цель и способы преобразования сообщений в сигнал

Виды сигналов и их характеристики

Математические модели сигналов

Что называется спектром сигналов?

Что называется дельта функцией?

Спектры различных видов импульсов

Что такое реализация случайного процесса?

Что такое ансамбль сообщений в системе связи?

Какой случайный процесс называется стационарным?

Какой случайный процесс называется эргодическим?

Как вычисляется функция корреляции случайного процесса?

Что такое белый шум?

Как ведет себя случайный процесс, подчиняющийся Закону Гаусса?

Что такое Марковский случайный процесс?

Как определяется спектр дискретного сигнала?

Числовые характеристики случайного процесса

Математические модели случайных сигналов

Тема 2.2.4.

Дайте определение обобщенного ряда Фурье.

Какие способы имеют преобразования непрерывных сигналов в дискретные?

Смысл и значение теоремы Котельникова

Погрешность дискретизации по Котельникова

Что такое адаптивная дискретизация

Способы преобразования дискретизированных сигналов в цифровой

Способы кодирования сообщений

Какие коды называются первичными?

Какие коды называются эффективными?

Какие коды называются префиксными?

Принципы построения кодирующих и декодирующих устройств

Как подсчитать число возможных комбинаций, зная число элементов в коде и значность кода?

Тема 2.2.5.

Что такое преобразование частоты?

Что такое Модуляция сигнала?

Как оценивается характеристика модулируемого или несущего сигнала?

Каков спектр модулированных сигналов и отчего зависит?

Какая необходимость двойной модуляции?

Виды модуляции.

Чем отличается различные виды амплитудных модуляций?

Что называется модуляционной характеристикой модулятора?

Энергетические соотношения амплитудно-модулированных сигналов.

Виды фазовой и частотной модуляции

Спектры частот фазовой и частотной модуляции

От чего зависит ширина спектра фазовой и частотно модулированных сигналов?

Принципы построения схем модуляторов

Спектр частот импульсно-модулированных сигналов

Относительно фазовая модуляция

Принципы построения цифровых модуляторов и демодуляторов.

Тема 2.2.6.

Что называется каналом связи?

Какие виды каналов связи бывают?

Каким изменениям подвергается сигнал при передаче по каналам связи?

Математические модели и характеристики непрерывных каналов

Если в единицу времени источник выдает в среднем символов (скорость источника ), то среднее количество информации, создаваемой источником в единицу времени



где, *Tcp* – средняя длительность одного символа

Характеристику *H'(A)* называют производительностью дискретного источника.

Методические указания к решению задачи 2

Физическим объемом сигнала *Vc* называют произведение трех его физических характеристик: длительность сигнала *Tc*, ширины спектра *Fc* и динамического диапазона уровней сигнала *Dc*:



где *Pmax* и *Pmin* – максимальное и минимальное значение мощностей;

При наличии шумов в канале допустимый минимальный уровень мощности *Pmin* обычно определяется средней мощностью шумов в канале. Поэтому можно записать:



Минимальную мощность иногда выражает через усредненную за достаточно большой интервал времени мощность сигнала . В этом случае



Где, - пикфактор сигнала по мощности.



Аналогично физическому объему сигнала можно ввести характеристику, называемую физическим объемом канала



Для передачи сигнала, имеющего объем *Vc* с достаточно высоким качеством необходимо выполнение неравенства Vc≤Vk, Tc≤Tk, Fc≤Vk, Dc≤Dk

*Задача* 9

Дать общую характеристику и классификацию корректирующих кодов.

Изложить принцип построения кодов, обнаруживающих и исправляющих ошибки.

Изложить функциональную схему кодирующего устройства кода Хэмминга

Построить код Хэмминга, взяв в качестве исходной кодовой комбинации двоичное число, полученное из двух последних цифр шифра студента. Определить вероятность ошибочного приема полученной кодовой комбинации кода Хэмминга и вероятность появления необкарироваемой ошибки .

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к выполнению контрольных работ

Методические указания к решению задачи 1

Количество информации *I(ai),* содержащиеся в символе *ai* выбирается из ансамбля *(ai), (i=1,2,3,…,N),* где *N* - объем алфавита, с вероятностью *P(ai)*

*I(ai) = - log2P(ai)*

Информация измеряется в двоичных единицах (битах). Одна двоичная единица информации – это количества информации, содержащееся в одном и двух выбираемых с равной вероятностью символов.

Среднее количество информации *H(A),* приходящееся на один символ выдаваемых дискретным источником независимых сообщений с объемом алфавита *N*, можно найти как математическое ожидание дискретной случайной величины *I(ai)* определяющей количество информации, содержащейся в одном случайно выбранном символе (знаке) *ai.*

*H(A) = M = -*



Эта величина называется энтропией источника независимых сообщений.

Одной из информационных характеристик дискретного источника является избыточность

*Pu =*



Избыточность источника зависит как от протяженности статистических связей между последовательно выбираемым символами, так и от степени неравномерности отдельных символов.

Если источник без памяти, т.е. последовательно передаваемые символы независимы, все символы равновероятны *P(ai)=1/N*, то *H(A)=Hmax(A)* и избыточность *Pu=0*

Математические модели и характеристики смешанных каналов

Разница между математической моделью и реальным каналом

Какие каналы имеют линейные характеристики?

Почему необходимо изучение математических моделей каналов?

Дайте определение оптического канала. Какие они имеют особенности?

Единицы измерения уровней сигналов

Что называется остаточным затуханием, частотная характеристика?

Что называется групповой скоростью, групповое время задержки сигнала при прохождении по каналам связи

Виды помех в каналах связи

Виды аддитивных помех

Какие помехи называются мультипликативными?

Передача простых двоичных сигналов методом амплитудной манипуляции

Передача простых двоичных сигналов методом частотной модуляции

Передача простых двоичных сигналов фазовой модуляцией

Влияние различных видов помех при различных способах передачи.

Сравнительная характеристика различных способов передачи.

Тема 2.2.7.

Что называется верностью передачи дискретных сигналов?

Чем измеряется верность передачи сигналов?

Что называется ошибкой при передаче простых двоичных сигналов?

Какие ошибки называются коррелированными, какие некоррелированные?

Как рассчитать ошибки в некоррелированных ошибках каналах?

Особенность расчета ошибок в некоррелированных ошибок каналах?

Что называется пакетом ошибок?

Какие коды называются помехоустойчивыми?

Какие коды называются корректирующими?

Принцип построения корректирующих код.

Что такое кодовое расстояние? Чем измеряется?

Какими параметрами характеризуются корректирующие коды?

Классификация корректирующих код

Как связано кодовое расстояние с количеством (исправляемых) обнаруживаемых ошибок?

Отчего зависит вероятность ошибок и как рассчитывается?

Какие способы помехоустойчивого кодирования и декодирования знаете?

Какие коды называются систематическими?

Принцип построения схем систематического кода.

Какие коды называются кодом Хэмминга?

Какие коды называются циклическими?

Принцип построения циклических код

Принцип построения схем кодирующего устройства циклических код.

Какие коды называются рекурректными?

Принцип построения схем кодирующего устройства непрерывных код.

Принцип построения схем декодирующего устройства непрерывных код.

Пример исправления пакета ошибок.

Тема 2.2.8.

Что называется системой передачи с обратной связью?

Принципы организации системы передачи с обратной связью

Характеристики различных видов обратной связью

Система с информационной обратной связью

Система с решающей обратной связью

Система с комбинированной обратной связью

Принцип построения схем систем с обратной связью с посимвольной проверкой

Принцип построения схем систем с обратной связью с проверкой по комбинациям

Сравнительные характеристики систем с обратной связью с посимвольной проверкой и проверкой по комбинациям.

Принцип выбора различных способов передачи информации с обратной связью.

Тема 2.2.9.

Что называется помехоустойчивостью?

Отчего зависит помехоустойчивость передачи дискретной информации?

Методы приема дискретных сигналов.

Что называется оптимальным приемом?

Что называется правилом решения при приеме дискретных сигналов?

Принцип построения решающих схем

Что называется потенциальной помехоустойчивостью

Теория Котельникова о потенциальной помехоустойчивости

Критерий оценки верности передачи и приема дискретного сигнала

Как определяется полная вероятность ошибочного приема?

Что называется критерий среднего риска?

Что называется критерий идеального наблюдателя?

Что называется апостериорной вероятностью?

Что называется минимаксной критерием?

Что называется критерием Неймана-Пирсона?

Что называется отношением правдоподобия?

Что называется первой решающей схемой?

Что называется второй решающей схемой?

Что называется приемом по символам?

Что называется приемом в целом?

*Задача* 7

рассчитать и построить амплитудно-частотную (АЧХ) и фазо-частотную (ФЧХ) характеристики спектральной плотности одиночного импульса. Амплитуды U, длительность τu. Определить эффективную ширину спектра импульса ∆f.

U(t)

U

0 t



Таблица 4.8.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| U, B | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| τu, МКС | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,1 | 1,0 |

Рассчитать и построить спектральные плотности пачек видеоимпульсов, взяв за единицу масштаба по оси ***y*** спектральную плотность одиночного импульса. Количество импульсов N в пачке и скважность Q

Таблица 4.9.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| N | 5 | 8 | 4 | 6 | 3 | 5 | 10 | 6 | 3 | 8 |
| Q | 3 | 5 | 4 | 8 | 3 | 6 | 5 | 8 | 4 | 10 |

*Задача* 8

Рассчитать спектры фазомодулированных (ФМК) и частотно-модулированных (ЧМК) колебаний при одинаковых несущих частотах f и уровнях напряжений U. Для ФМК заданы индекс модуляции β и частота модуляции F1 , а для ЧМК – девиация частоты f д и частота модуляции F2. Построить спектры ФМК и ЧМК по результатам расчетов.

Таблица 4.10

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| U, B | 60 | 50 | 45 | 40 | 35 | 30 | 25 | 20 | 15 | 10 |
| F, МГц | 60 | 95 | 90 | 80 | 70 | 80 | 90 | 95 | 60 | 70 |
| F1, кГц | 3 | 6 | 10 | 8 | 4 | 7 | 5 | 9 | 4 | 3 |
| Fд, кГц | 70 | 30 | 50 | 40 | 60 | 45 | 75 | 35 | 50 | 60 |
| F2, кГц | 7 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 |
| β | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |

Таблица 4.6.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| S, mA/B | 100 | 95 | 110 | 85 | 120 | 75 | 115 | 90 | 105 | 80 |
| Uo, B | 0,35 | 0,45 | 0,55 | 0,65 | 0,75 | 0,40 | 0,50 | 0,60 | 0,70 | 0,80 |
| Um, B | 0,40 | 0,50 | 0,45 | 0,60 | 0,80 | 0,45 | 0,35 | 0,50 | 0,55 | 0,65 |

Объяснить назначение и виды модуляции.

Изобразить схему транзисторного амплитудного модулятора, пояснить принцип ее работы.

Дать понятие статистической модуляционной характеристики (СМХ). Рассчитать и построить (СМХ) при заданных *S, Uo* и значения амплитуды высокочастотного напряжения *Um*.

С помощью СМХ определить оптимальное смещение *Eo* и допустимую величины амплитуды *UΩ* модулирующего напряжения *UΩ cosΩt*, соответствующие неискаженной модуляции.

Рассчитать коэффициент модуляции *mam* для выбранного режима. Построить спектр и временную диаграмму am сигнала.

*Задача* 6

Задана вольт-амперная характеристика диода амплитудного детектора аппроксимированная отрезками прямых

*i* = *SU*  при *u ≥0*

*0* при *u <0*

На вход детектора воздействует амплитудно-модулированное колебание

*Uam (t) = Um (1+ mam cos2πFt) cos2fot*

Таблица 4.7.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| S, mA/B | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 67 | 70 | 75 |
| mam | 0,8 | 0,85 | 0,9 | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0,8 |
| Kg | 0,9 | 0,7 | 0,8 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,7 | 0,6 | 0,9 | 0,7 |
| Um, B | 1 | 1,2 | 1,4 | 1,6 | 1,8 | 1,7 | 1,6 | 1,5 | 1,4 | 1,2 |
| Fo, кГц | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | 650 | 700 | 750 |
| F, кГц | 4 | 5 | 6 | 4 | 5 | 6 | 7 | 5 | 4 | 6 |

Объяснить назначение, изобразить схему и описать принцип работы детектора.

Рассчитать необходимое значение сопротивления нагрузки детектора RH для получения значения коэффициента передачи детектора Kg

Выбрать значение емкости нагрузки детектора CH при заданных fo и F

Рассчитать и построить спектры напряжений на входе и выходе детектора.

Виды сопряжения демодуляции и декодирования

Прием по надежным символам

Прием по методу Вагнера

Прием о принципу ограничения с двух сторон

Теорема Финка при приеме сигнала

Тема 2.2.10.

Что называется разделением сигнала и какова необходимость?

Что называется уплотнением линий связи?

Способы формирования каналов вторичной сети

Что называется вторичным уплотнением?

Принципы построения многоканальной связью?

Причины перехода сигналов с одного канала в другой

Какие виды помех действуют в каналах связи?

Какие способы каналообразования и разделение каналов знаете?

Временное разделение каналов

Принцип частотного разделения каналов?

Полоса пропускания различных каналов связи

От чего зависит количества каналов при временном разделении?

Какие виды помех и искажения сигналов действуют при передачи дискретных сигналов?

Принципы построения систем с импульсно-правовой модуляцией

Принцип построения систем с фазовой модуляцией

Тема 2.2.11.

Как оценивается эффективность систем электросвязи?

Какие критерии эффективности систем электросвязи?

Как оценивается эффективность систем передачи дискретных сигналов?

Какие способы повышения эффективности при передаче дискретных сигналов?

Особенности определения эффективности передачи непрерывных и дискретных сигналов

Методы уменьшения избыточности сообщений

Статистическое уплотнение линий связи

**КУРСОВАЯ РАБОТА (СЕМЕСТРОВАЯ РАБОТА)**

Курсовая работа по курсу «Теория электрической связи» выполняется на тему «Дискретизация непрерывных сигналов и восстановления».

Целью работы является исследование дискретизации и восстановления непрерывных сигналов по В.А. Котельникову. Практическое определение возникающей при этом погрешности (на примере дискретизации конкретного заданного сигнала).

Выполнение курсовой работы необходимо начинать с приобретения методических руководств к курсовой работе Ниеталина Ж.Н. и Ниеталиной Ж.Ж. «Электрлiк байланыс теориясы» выпущенной в Алма-Ате в 1999 году, Ниеталина Ж.Н. и Ниеталиной Ж.Ж. «Теория электрической связи» учебное пособие к курсовой работе. Алма-Ата 2001г., а также учебное пособие Зюко А.Г. и др. «Теория передачи сигналов» – М.; «Связь» 1988г., «Теория электрической связи» учебник по руководством Кловского Д.Д. – М.; 1999г.

Обстоятельно прочитать, изучить тему «Дискретизация непрерывных сигналов» по методическому руководству, а когда необходимо более глубокое знание, тогда просмотреть и учебное пособие.

Затем приступать к выполнению курсовой работы по программе приведенной в методическом руководстве. Порядок выполнения и иллюстрированный пример также приведены в методическом руководстве. Варианты заданий приведены в таблице 3.1.

В таблице первая колонка – номер шифра, вторая колонка – текущая частота, третья колонка – затихание, четвертая колонка – верхняя частота, пятая колонка – продолжительность сигнала, шестая колонка – точка определения погрешности.

Таблица 3.1.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Н/Т | f(Гц) | а | fв (Гц) | Т(с) | tx(c) |
| 01(51) | 3 | 2 | 16 | 0.8 |  |
| 02(52) | 4 | 3 | 16 | 0.8 |  |
| 03(53) | 5 | 4 | 16 | 0.8 |  |
| 04(54) | 6 | 5 | 17 | 0.7 |  |
| 05(55) | 7 | 6 | 18 | 0.7 |  |
| 06(56) | 8 | 5 | 18 | 0.7 |  |
| 07(57) | 9 | 4 | 20 | 0.6 |  |
| 08(58) | 10 | 3 | 20 | 0.6 |  |
| 09(59) | 11 | 2 | 22 | 0.6 |  |
| 10(60) | 12 | 3 | 22 | 0.6 |  |
| 11(61) | 13 | 4 | 25 | 0.5 |  |
| 12(62) | 14 | 5 | 25 | 0.4 |  |
| 13(63) | 15 | 6 | 30 | 0.4 |  |
| 14(64) | 16 | 5 | 30 | 0.3 |  |

*Задача* 4

Задан энергетический спектр нормального (Гауссовского) стационарного случайного процесса *X(t), G(ω).* Среднее значение случайного процесса равно .



Таблица 4.5.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| G(ω) | G(ω)= Go ω/α при 0< ω <α  G(ω)=0 при ω >α | G(ω)= Go [1-ω/α] при 0< ω <α  G(ω)=0 при ω >α | G(ω)=α2Go/ α2 +ω2 | G(ω)= Go α2 ∙ sin2 ω/α /ω2 | G(ω)= Go ω-ωo /α  при [ω-ωo]≤α  G(ω)=0 при [ω-ωo] >α | G(ω)= Go [1-[ω-ωo]/α] при [ω-ωo]≤α  G(ω)=0 при [ω-ωo] >α | G(ω)= Go ∙ α2 /α2+ [ω-ωo]2 | G(ω)= Gol - [ω-ωo]2 /α 2 | G(ω)=Goα2∙sinω-ωo /α2/ [ω-ωo]2 | G(ω)= Gol - ω2/α 2 |
| Go, | 2∙10 | 10-3 | 2∙10 | 10-3 | 4∙10 | 3∙10 | 4∙10 | 3∙10 | 4∙10 | 2∙10-3 |
| α, | 100 | 700 | 200 | 500 | 150 | 300 | 250 | 400 | 350 | 600 |
| m x, b | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | -1 | -2 | -3 | -4 | 0 |
| a, b | -2 | 0 | 1 | 0 | 1 | -3 | -4 | -5 | -7 | -3 |
| b, B | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 | 2 | 1 | 0,5 | -1 | 3 |
| c, B | -1 | -2 | 0 | 1 | 2 | -2 | -3 | -4 | -5 | -2 |
| d, B | 3 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | -0,5 | -1,5 | -2 | 1,5 |

Определить корреляционную функцию *B(τ)* случайного процесса

Построить графики *G (ω)* и *B(τ)*

Записать выражение для функции плотности вероятности *W (x)* случайного процесса и построить ее график.

*Задача* 5

Задана вольт-амперная характеристика биполярного транзистора амплитудного модулятора аппроксимированного выражением

*iк = S(Uσ – Uo)* при *Uσ ≥ Uo*

*0*  при *Uσ < Uo*

где, *iк* - ток коллектора транзистора;

*Uσ* - напряжение на базе транзистора;

*S* - крутизна характеристики

*Uo* - напряжение отсечки

Таблица 4.4.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| послед.  цифра  шифра | ФПВ W(x) | a | b | c | d | е | послед.  цифра шифра |
| 0 | l∙δ(x-c)  h  x  a c d b | -3 | 3 | -1 | 2 | 0,1 | 0 |
| 1 | 2 | 6 | 3 | 4 | 0,2 | 1 |
| 2 | l∙δ(x-c) l/2∙δ(x-d)  h  x  a c d b | 0 | 5 | 2 | 3 | 0,15 | 2 |
| 3 | -2 | 3 | 0 | 1 | 0,3 | 3 |
| 4 | l∙δ(x-d)  h  h/2 x  a c d b | 1 | 5 | 3 | 4 | 0,5 | 4 |
| 5 | 0 | 7 | 2 | 5 | 0,35 | 5 |
| 6 | l∙δ(x-d)  h  x  a c d b | 3 | 10 | 5 | 7 | 0,1 | 6 |
| 7 | 2 | 8 | 3 | 6 | 0,3 | 7 |
| 8 | l∙δ(x-c)  h  h  a c d b | 1 | 6 | 2 | 4 | 0,2 | 8 |
| 9 | 4 | 9 | 6 | 8 | 0,15 | 9 |

Определить параметры *h* ФПВ

Построить ФПВ случайного процесса

Определить первый и второй (*m1* и *m2*) начальные моменты, а также дисперсию *Д(х)* случайного процесса.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 15(65) | 17 | 4 | 35 | 0.3 |  |
| 16(66) | 18 | 3 | 35 | 0.3 |  |
| 17(67) | 19 | 2 | 40 | 0.2 |  |
| 18(68) | 20 | 3 | 40 | 0.2 |  |
| 19(69) | 21 | 4 | 45 | 0.2 |  |
| 20(70) | 22 | 5 | 45 | 0.2 |  |
| 21(71) | 23 | 6 | 50 | 0.18 |  |
| 22(72) | 24 | 5 | 50 | 0.18 |  |
| 23(73) | 25 | 4 | 55 | 0.16 |  |
| 24(74) | 26 | 3 | 55 | 0.16 |  |
| 25(75) | 27 | 2 | 60 | 0.15 |  |
| 26(76) | 28 | 3 | 60 | 0.15 |  |
| 27(77) | 29 | 4 | 65 | 0.14 |  |
| 28(78) | 30 | 5 | 65 | 0.12 |  |
| 29(79) | 29 | 6 | 60 | 0.12 |  |
| 30(80) | 28 | 5 | 60 | 0.13 |  |
| 31(81) | 27 | 4 | 60 | 0.13 |  |
| 32(82) | 26 | 3 | 55 | 0.15 |  |
| 33(83) | 25 | 2 | 55 | 0.15 |  |
| 34(84) | 24 | 3 | 50 | 0.16 |  |
| 35(85) | 23 | 4 | 50 | 0.16 |  |
| 36(86) | 22 | 3 | 40 | 0.16 |  |
| 37(87) | 21 | 2 | 40 | 0.18 |  |
| 38(88) | 20 | 3 | 35 | 0.18 |  |
| 39(89) | 19 | 4 | 35 | 0.2 |  |
| 40(90) | 18 | 5 | 30 | 0.2 |  |
| 41(91) | 17 | 6 | 30 | 0.25 |  |
| 42(92) | 16 | 5 | 28 | 0.25 |  |
| 43(93) | 15 | 4 | 28 | 0.3 |  |
| 44(94) | 14 | 3 | 26 | 0.3 |  |
| 45(95) | 13 | 2 | 26 | 0.4 |  |
| 46(96) | 12 | 3 | 25 | 0.4 |  |
| 47(97) | 11 | 4 | 25 | 0.5 |  |
| 48(98) | 10 | 5 | 22 | 0.5 |  |
| 49(99) | 9 | 6 | 22 | 0.6 |  |
| 50(100) | 8 | 4 | 22 | 0.6 |  |

Для защиты курсовой работы студент должен знать следующие вопросы:

Для чего прибегают к дискретизации непрерывных сигналов?

Что дает уплотнение каналов?

Почему дискретные системы помехоустойчивее непрерывных?

Этапы дискретизации.

Шаг дискретизации.

Теорема В.А. Котельникова

Что влияет на величину шага дискретизации по времени?

Из чего исходят, выбирая величину шага квановая по уровню?

Причины погрешности, возникающих при восстановлении непрерывного сигнала по его отсчетам.

Причина погрешностей при дискретизации сигналов.

В каких случаях возможно определение полной погрешности?

Из чего складывается полная погрешность дискретизации?

Когда полная погрешность будет равна нулю?

Определение полной погрешности при дискретизации детерминированного сигнала.

Определение полной погрешности при дискретизации случайного сигнала.

КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

В контрольной работе внимание уделяется вопросам количественной оценке сигналов, спектральному анализу, амплитудно-частотным и фазо-частотным характеристикам, модуляции и детектированию, а также помехоустойчивому кодированию.

Каждый студент выполняет 4 из девяти работ в соответствии с индивидуальным заданием или 4 задачи из таблицы 4.1. Студент выбирает номера задач по последней цифре шифра (номера зачетной книжки).

Таблица 4.1.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Последняя цифра шифра  Номер задач | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1-задача | 9 | 2 | 9 | 1 | 9 | 2 | 1 | 9 | 2 | 1 |
| 2-задача | 7 | 4 | 7 | 3 | 8 | 4 | 4 | 8 | 3 | 3 |
| 3-задача | 5 | 6 | 6 | 6 | 5 | 5 | 6 | 5 | 6 | 5 |
| 4-задача | 3 | 8 | 4 | 8 | 3 | 7 | 7 | 3 | 8 | 7 |

*Задача* 1

Задан источник сообщений А= с вероятностями, представленными в табл. 2 в зависимости от последней цифры шифра.



Таблица 4.2.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Последняя цифра шифра  Номер задач | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Р (*а*1) | 0,2 | 0,3 | 0,15 | 0,25 | 0,15 | 0,2 | 0,25 | 0,4 | 0,2 | 0,1 |
| Р (*а*2) | 0,3 | 0,2 | 0,35 | 0,2 | 0,2 | 0,35 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,2 |
| Р (*а*3) | 0,25 | 0,15 | 0,3 | 0,1 | 0,3 | 0,25 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,3 |
| Р (*а*4) | 0,15 | 0,1 | 0,1 | 0,15 | 0,1 | 0,5 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 |
| Р (*а*5) | 0,1 | 0,25 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,15 | 0,1 | 0,2 | 0,3 |

Найти количество информации, содержащейся в каждом из символов источника при их независимом выборе.

Вычислить энтропию и избыточность заданного источника.

Показать, что при равных объемах алфавитов *N*, энтропия *H(A)* имеет максимальное значение *Hmax (A)= log2 N* при равновероятных символах.

Описать физические характеристики дискретных каналов и сигналов, а также процесс преобразования дискретных сообщений в электрические сигналы.

*Задача* 2

Задан канал связи с полосой частот Fк, время использование Tк. В канале действует шум с равномерной спектральной плотностью мощности Gш, физический объем канала Vк

Таблица 4.3.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметры | Последняя цифра шифра | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| *Fк, кГц* | 10 | 10 | 20 | 10 | 1 | 10 | 5 | 7 | 10 | 5 |
| *Тк, с* | 10 | 5 | 10 | 1 | 10 | 5 | 2 | 7 | 10 | 1 |
| *Gш, МВТ/Гц* | 10-4 | 10-4 | 10-3 | 10-4 | 10-3 | 10-3 | 10-5 | 10-4 | 10-5 | 10-3 |
| *Vк* | 106 | 106 | 107 | 105 | 106 | 106 | 105 | 106 | 104 | 105 |

Найти предельную мощность сигнала, который может быть передан по данному каналу.

Представить структурную схему системы передачи информации

Привести классификацию и дать описание помех возникающих в канале связи.

*Задача* 3

Задан стационарный случайный процесс *x(t)* который имеет одномерную функцию плотности вероятности (ФПВ) мгновенных значений *W(x).* График и параметры сигнала приведены в табл. 4.4.

**VI. ЛИТЕРАТУРА**

Под.ред. Кловского Д.Д. Теория электрической связи М «РиС» 1999г.

Зюко А.Г. и др. Теория передачи сигналов М. «РиС» 1986г.

Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы М «РиС» 1983г.

Андреев В.С. Теория нелинейных электрических цепей М «РиС» 1982г.

Кловский Д.Д., Шилкин В.А. Теория передачи сигналов в задачах М «РиС» 1978г.

Гоноровский П.С. Радиотехнические цепи и сигналы М «РиС» 1986г.

Игнатьев В.И. Теория информации и передачи сигналов М. Сов. Радио 1979г.

Ниеталин Ж.Н. Электрлiк байланыс теориясы Алма-Ата РБК 1994г.

Ниеталина Ж.Ж. Теория электрической связи Учебное пособие к курсовой работе Алма-Ата 2001г.