Государственный комитет Российской Федерации

по связи и информатизации

Сибирская государственная академия

телекоммуникаций и информатики

Кафедра радиотехнических систем

Чернецкий Г.А.

**"РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ ЦЕПИ И СИГНАЛЫ"**

Методические указания к курсовой работе

**ПРЕОБРАЗОВАНИЕ СИГНАЛОВ**

**В РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВАХ**

для студентов 3 курса специальности 200700 - "Радиотехника"

Новосибирск

1997

**ПРЕДИСЛОВИЕ**

"Радиотехнические цепи и сигналы" (РТЦ и С) - базовая дисциплина в системе подготовки современного инженера в области радиотехники и радиоэлектроники. Его целью является изучение фундаментальных закономерностей, связанных с получением сигналов, их передачей по каналам связи, обработкой и преобразованием в радиотехнических цепях. Важная задача курса РТЦ и С - научить студентов выбирать математический аппарат для решения конкретных научных и технических задач в области радиотехники, видеть тесную связь математического описания с физической стороной рассматриваемого явления, уметь составлять математические модели изучаемых процессов с учетом этих целей и задач. Курсовая работа ориентирована на закрепление навыков и формирование умений по математическому описанию сигналов, определению их вероятностных и числовых характеристик, энергетической и корреляционной функции и характеризующих их параметров, а также по анализу преобразования случайного процесса в нелинейных цепях. Кроме этого, студенты должны иметь глубокое знание обобщенной структурной схемы радиотехнической системы передачи сообщений и осуществляемых в ней многочисленных преобразований.

Успешное выполнение курсовой работы предполагает использование студентами знаний из предшествующих дисциплин - "Высшая математика", "Основы теории цепей", "Теория вероятностей".

В настоящих методических указаниях приведены задания на курсовую работу, образцы вариантов исходных данных и даны методические указания по его выполнению. Конкретные варианты заданий выдаются студентам индивидуально. В приложениях приведен необходимый справочный материал. В конце дан список литературы для самостоятельного изучения соответствующих разделов курса.

На основании выше изложенного курсовая работа выполняется по теме "Преобразование сигналов в радиотехнических устройствах" и включает в себя следующие разделы:

1. Составление обобщенной структурной схемы радиотехнической системы передачи непрерывных сообщений дискретными сигналами и описание функциональных преобразований сообщений и сигналов в ней с приведением графических иллюстраций во временной и частотной областях.

2. Определение вероятностных и числовых характеристик.

3. Определение корреляционной функции сигнала.

4. Нелинейное преобразование сигналов.

**1. ЗАДАНИЕ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ.**

**1.1. Вводные замечания.**

В предисловии дано обоснование направленности содержания курсовой работы с учетом места курса "Радиотехнические цепи и сигналы" в подготовке радиоинженеров.

Задание учитывает устойчивые тенденции перехода от аналоговых систем к цифровым системам передачи и обработки непрерывных сообщений на основе дискретизации, квантования и импульсно-кодового преобразования исходных непрерывных сообщений (см. ниже п. 1.2).

Статистическое описание радиотехнических сигналов, оценивание их физических характеристик является математическим "инструментом" радиоинженера при решении многообразных практических задач (п. 1.3).

Наряду с полным описанием свойств сигналов с помощью многомерных вероятностных характеристик широко применяются также функция энергетического спектра и корреляционная функция сигналов. Последние связаны между собой преобразованием Фурье (по теореме Хинчина-Винера) и имеют фундаментальное значение в теории стационарных случайных процессов. Нахождение корреляционной функции сигналов с различным энергетическим спектром предусмотрено в п. 1.4 задания.

В п. 1.5 задания требуется определить вероятностные и числовые характеристики сигнала на выходе безынерционного нелинейного устройства с заданной зависимостью *y = f(x)* при воздействии на него стационарного гауссовского случайного процесса.

**1.2. Составление структурной схемы радиотехнической системы.**

Изобразить обобщенную структурную схему радиотехнической системы передачи непрерывных сообщений дискретным сигналом. Привести краткое описание назначения входящих в нее блоков и графики временных и спектральных диаграмм на выходе каждого из них, иллюстрирующие (качественно) преобразование сообщения и сигнала в системе передачи непрерывных сообщений. Вид модуляции выбирается самостоятельно.

**1.3. Определение вероятностных и числовых характеристик.**

Для заданной реализации эргодического сигнала *U(t)*, вид и параметры которой соответствуют вашему варианту, определить:

а) Одномерную плотность распределения вероятностей мгновенных значений *w(u)*;

б) Функцию распределения вероятности F(u);

в) Математическое ожидание, дисперсию и среднеквадратическое отклонение двумя способами:

- усреднением по множеству реализаций;

- усреднением по времени;

г) Вероятность того, что значения сигнала превысят заданный уровень анализа *Ua*  или будут находится в заданном интервале от *U1* до *U2*.

Построить графики *w(u)* и *F(u)* и показать на них математическое ожидание, среднеквадратическое отклонение, вероятность того, что значения сигнала будут меньше уровня анализа *Ua* или будут находится в заданном интервале.

**1.4. Определение корреляционной функции сигнала.**

Для случайного сигнала с заданным энергетическим спектром *W(ω)* определить:

а) Корреляционную функцию *K(τ)*;

б) эффективную ширину спектра;

в) интервал корреляции.

Изобразить графики *W(ω)* и *K(τ)*, показать на них эффективную ширину спектра и интервал корреляции.

**1.5. Нелинейное преобразование сигналов.**

Стационарный гауссовский случайный процесс *u(t)* с параметрами *m(t)* и *σ(t)* воздействует на безынерционную нелинейную цепь с характеристикой, заданной в варианте.

Определить плотность распределения вероятностей *w(y)* процесса на выходе цепи *y(t)*, его математическое ожидание, дисперсию и среднеквадратическое отклонение.

Построить графики входного и выходного процессов относительно заданной передаточной характеристики безынерционной нелинейной цепи и соответствующих им плотностей распределения вероятностей мгновенных значений *w(uвх)* и *w(y)*. Показать на них *mx*, *σx*, *my*, *σy*.

Графики должны быть построены с учетом заданных параметров входного процесса и цепи.

4.

Помехоустойчивое кодирование и декодирование поясняется для случая использования кода с проверкой на четность.

1.

2. В основе выполнения пункта 1.3. лежит определение плотности распределения вероятностей мгновенных значений по временной реализации *U(t)* эргодического сигнала длительностью *T*. При этом плотность распределения вероятностей определяется соотношением вида



*Δx→0 T→∞*

*Δx→0*

где  представляет собой относительное время пребывания зна-



*T→∞* чений реализации в интервале от *x* до *(x+Δx)*.

В курсовой работе используется графический (“ручной”) способ определениявремени пребывания значений случайного напряжения *Ui(t)* в интервале от *U* до *(U+ΔU)* для различных *U*. При этом получаем гистограмму распределения вероятностей. По определению



следовательно,т.е. в общем случае *w(u)* получается путем аппроксимации (сглаживания) гистограммы распределения вероятностей непрерывной кривой или ожидаемым законом распределения.



Описанные выше соотношения должны удовлетворять условию нормировки

*P[− ∞ < ξi(t) < ∞] = 1* для *0 ≤ t ≤ T*

и, соответственно,



Для интервала времени, на котором напряжение является постоянным на некотором уровне *U0*, плотность распределения вероятностей представляет собой дельта-функцию *δ(u - U0)*, удовлетворяющую условию нормировки



Выражения для плотности и функции распределения вероятностей должны быть заданы (описаны) для диапазона изменения значений и в пределах от *− ∞* до *∞*. Если *w(u)* содержит дельта-функцию, то она обозначается как *p(U0) ⋅ δ(u-U0 )* , где *p(U0)* - вероятность значения *U0*. В функции распределения *F(u)* при значении *u = U0* будет скачок на величину *p(U0)*. Выражение и график *F(u)* должны удовлетворять условию "неубываемости" ее в пределах *− ∞ < u< ∞*.

Вероятность попадания значений сигнала в заданный интервал

*U1 ≤ u ≤ U2* определяется через плотность распределения вероятностей известным соотношением



3. При выполнении пункта 1.4 рекомендуется для упрощения расчетов учитывать особенность определения функции корреляции узкополосного случайного процесса. Получаемые выражения целесообразно приводить к виду, близкому к табличному или к виду характерных функций, например, *sin(x)/x*, *sin2(x)/x2*, что упрощает расчеты. В приложении 1 приведен справочный материал для интегралов, встречающихся в работе подинтегральных выражений.

Эффективная ширина спектра  *Δfэфф* и интервал корреляции *τ0* следует определять по функции энергетического спектра и функции корреляции соответственно. Выражение для связи между  *Δfэфф* и *τ0* рекомендуется использовать только для проверки правильности расчетов.

Для удобства расчетов и построения графиков энергетического спектра *W(ω)* и функции корреляции *B(τ)* значения *ω* и *τ* можно задавать в виде

*ω = k ⋅α*, *τ = k ⋅1/α*, где *k* - числа 0, 0,5, 1,0, 1,5, 2, и т.д., что позволяет упростить расчет. Однако, при этом оси *ω* и *τ* графиков *W(ω)* и *B(τ)* должны быть промасштабированы и в абсолютных значениях *ω* и *τ*.

**Примечание:** целесообразно график энергетического спектра строить как функцию линейной частоты *W(f)* и определять, соответствен- но, *Δfэфф*.

4. Целью выполнения пункта 1.5 является закрепление навыков нахождения плотности распределения и числовых характеристик процесса на выходе нелинейных безынерционных устройств с заданной передаточной характеристикой. В варианте курсовой работы заданы характеристики наиболее распространенных нелинейных радиотехнических устройств.

Плотность распределения мгновенных значений процесса на выходе *w(y)* представляется через известное распределение входного процесса *w(x)*

на основе соотношения для функционально связанных величин *y = f(x)*.

,



или с учетом обратной функции *x = ϕ(y)* соотношением вида

.



В случае, когда обратная функция *x = ϕ(y)* неоднозназначна, то

,



где x1, *x2*, ... - значения входной величины *x*, соответствующие рассматриваемому значению *y*.

Если характеристика *y = f(x)* постоянна на некотором интервале изменения *x*, то *w(y)* будет содержать слагаемое с дельта-функцией, учитывающее интегральную вероятность пребывания *x* ниже (или выше) определенного уровня.

При вычислениях *w(y)* для гауссовского процесса на входе возникает необходимость вводить табулированную переменную , чтобы воспользоваться таблицами интегральных форм для нормального закона (см. приложение 1). При этом необходимо помнить, что пределы интегрирования должны быть также изменены с учетом вида новой переменной *t*. В случае необходимости выражения интегралов приводятся к табличному виду. Если интегралы не имеют явного решения, необходимо применять численные методы вычислительной математики.



Расчеты и построения графиков должны соответствовать условию нормировки (см. п.2).

и .



В приложении 2 приведены значения табулированных функций *ϕ(x)* и *φ0(x)*.

5. В пояснительной записке к курсовой работе должны быть введение и заключение. Во введении формулируются цели курсовой работы по каждому из пунктов с учетом значимости их содержания в инженерной подготовке. В заключении дается краткий анализ результатов с отражением их особенностей.

6. Библиография используемой литературы должна быть составлена в соответствии с существующими требованиями (см. список литературы).

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1986. – 512 с.

2. Гоноровский И.С., Демин М.П. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник для вузов. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1994. – 480с.

3. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник для вузов по спец. “ Радиотехника”. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1988. – 448 с.