**МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ**

**(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)**

**Курсовой проект**

по дисциплине “Основы теории радионавигационных систем и комплексов”

Вариант 346

Тема “Радиодальномер с фазокодовой манипуляцией ”

## Выполнил

Студент:

Рыжов Иван

## 4О-502 С

## ПринялА

Волкова Г.А

2015 г.

Содержание 2

Постановка задачи 3

Введение 4

Исходные данные 5

1) Структурная схема радиодальномера и тракт формирования опорного сигнала 7

2) Расчет длины волны и параметров антенны опорной станции 12

3) Расчет параметров сигнала 12

4) Выбор параметров устройств обработки сигнала 13

5) Расчет погрешностей 13

6) Расчет энергетических параметров 15

7)Расчет вспомогательных параметров 16

8) Технические требования 17

Литература

Постановка задачи

Разработать радиодальномер (РД) аппаратуры потребителя (АП) радиосистемы ближней навигации, установленной на ЛА с максимальной скоростью Vmax· Дальность определяется по непрерывному ФКМ сигналу, излучаемому опорной станцией (ОС), обнаружение которого возможно на расстоянии R°max· Антенна ОС - прямоугольная ФАР с размерами lαxlβ, КПД, равным 0,8, и с шириной ДН в горизонталь­ной плоскости φα. Мощность передатчика равна Ρ oc. Модулирующий сигнал - код Хаффмана с формирующим полиномом степени m.

Диапазон измеряемых дальностей от 5 км до R и max. Значение R и max соответствует дальности, где суммарная погрешность σΣ = (σ2 + ΔR2д )1/2 не превышает заданного значения при потерях энергии сигнала по высокой частоте LΣ, а при обработке - lΣ. Коэффициент шума приемника равен 10.

Считать, что эталонные генераторы ОС имеют долговременную ста­бильность частоты 10, доплеровский сдвиг частоты компенсирует­ся системой АПЧ, а коэффициент запаса К з =1.

I. Составить и описать структурную схему РД, включая тракт формирования, опорного сигнала.

2. Определить для ОС параметры антенны и излучаемого сигнала, а для АП- параметры трактов формирования и обработки сигналов, включая требуемую- стабильность частоты эталонного генератора при времени полета ЛА, равном Т пл , а также выдаваемого РД двоично-десятичного кода дальности. Найти дальность действия системы R и max

3. Выбрать дальность R0, для которой оптимизируется следящий РД, используя оценки σΣ при R0 = R и max и R0=0, R и max. По­строить зависимости σΣ от R/ R˚ max для V=Vmax и V=0,5Vmax .

4. Разработать технические требования к основным элементам РД, достаточные для дальнейшего проектирования.

Введение

Рассматриваемое РТУ относится к классу пасси­вных радиодальномеров (РД), работающих по фазоманипулированному сигналу (ФМС), излучаемому опорной станцией. Предполагается, что РД входит в состав гипотетической радиосистемы ближней навигации, служащей для определения местоположения дальномерным методом. При этом считается, что опорная станция обслуживает заданный сектор пространства, например, зону захода самолета на посадку и зону под­хода к аэродрому. Подобные РД (в более сложном исполнении) приме­няются в аппаратуре потребителей спутниковых радионавигационных систем.

При проектировании РД с ФМС следует учитывать следующие особенности:

1. Непрерывный характер излучаемого опорной станцией сигнала и изменение фазы несущего колебания в соответствии с кодом Хаффмана, что требует учета параметров и характеристик этого кода.

2. Информация о дальности содержится во временном сдвиге (за­держке) кода принимаемого ФМС на время tR = R /с относительно момента t0 излучения этого сигнала опорной станцией, что требует при измерении дальности знания момента t0, который определяется по опорному генератору (эталону времени) аппаратуры потребителя этой системы. (Эталон времени опорной станции считается настолько стабильным, что уход его частоты не сказывается на работе системы).

3. Обработка принимаемого ФМС осуществляется корреляционным методом, что требует создания в аппаратуре потребителя "копии" мо­дулирующего ФМС кода (опорного кода) и обеспечение возможности уп­равления его задержкой.

4. Доплеровский сдвиг принимаемого сигнала компенсируется с помощью системы АПЧ.

5. Ситуация, возникающая при использовании РД, требует приме­нения в аппаратуре потребителя ненаправленной антенны.

1) Структурная схема радиодальномера и тракт формирования опорного сигнала.

Наиболее широкое применение в аппара­туре потребителей (АП) систем с непрерывным ФМС получила корре­ляционная обработка сигналов. Такая обработка поз­воляет использовать одни и те же устройства, как при обнаружении сигнала, так и при измерении его информативного параметра, получая при этом близкие к оптимальным результаты.

Обобщенная схема устройства, реализующего корреляционную обработку сигнала, показана на рис, 1. Принятый сигнал Uc пос­тупает с выхода усилителя промежуточной частоты приемника Прм на коррелятор Кор, куда подается также опорный сигнал Uoп. Послед­ний формируется блоком ФОС в момент t0 начала излучения кода ФМС опорной станцией и представляет собой "копию" этого ФМС. За­держка tM опорного сигнала относительно момента t0 меняется с помощью управляющего сигнала УС.

Uc

отПрм

z(τ)

z'(τ)

a)

УС

Uоп

Кор

Пм

ФОС

УО

РИС. 1

Коррелятор состоит из перемножителя Пм и устройства обработки УО. На выходе Пм действует сигнал



где Ρ ( \* ) - модулирующий код; φ - случайная фаза; ω - сдвиг частоты опорного сигнала, выбираемый из условия упрощения реали­зации УО и равный обычно нескольким мегагерцам.

Произведение кодов определяет амплитуду сигнала Uп, кото­рая достигает максимума при tM = tR, когда полностью устра­няется модуляция принимаемого сигнала. В реальной АП перемножитель Пм называют демодулятором.

Устройство обработки УО вычисляет по сигналу Uп либо кор­реляционный интеграл z(τ), либо его производную z'(τ), где τ = tR - tм. Корреляционный интеграл z(τ) пропорционален КФ кода Ψк(τ) и используется при обнаружении сигнала.

Для формирования производной z'(τ) = d z(τ)/dτ, ко­торая определяет дискриминационную характеристику при слежении за сигналом, необходимы две "копии" сигнала, сдвинутые на величину ± Δ относительно регулируемой задержки tМ. При этом в общем случае требуется двухканальная обработка сигнала. В рассматриваемых системах часто применяют одноканальную схему, а опорные сигналы Uоп (t, tM + Δ) и Uоп (t, tM - Δ) подают от ФОС поочередно с периодом Тк, включая в схему комму­татор в точку "А" и предусматривая запоминание в У0 получаемых сигналов с целью вычисления z(τ) или z'(τ). Одноканальная схема обработки обладает тем достоинством, что в ней не требует­ся поддержание одинаковыми параметров обоих каналов УО.

В устройстве обработки предусматривается квадратурная схема (рис. 2), которая позволяет получить независимые от случай­ной фазы и неизвестной амплитуды результаты. Здесь сигнал рассогласования по фазе с фазовых детекторов ФД ин­тегрируется в Инт, преобразуется в АЦП в цифровую форму и подается в блок цифровой обработки БЦО. Задача БЦО заключается в вычисле­нии функций МΣ и МΔ, которые являются аналогами z(τ) и z'(τ) соответственно. Когда на входе перемножителя Пм действует опережающий опорный сигнал Uоп (t, tM + Δ), рассматриваемый БЦО выполняет операцию

,

а при запаздывающем опорном сигнале Uоп (t, tM - Δ)

,

где n = Τκ /Τп.к. Чем больше n, тем выше достоверность по­лучаемых результатов, но зато больше времени требуется на обра­ботку сигналов. Обычно n = 4 … 5. Управление очередность этих операций производится с помощью сигнала переключений СП. Сиг­налы, накопленные на интеграторах Инт, сбрасываются в начале каж­дого периода повторения кода (сигнал сброса интеграторов ССИ).

Заключительными операциями блока цифровой обработки являются:

ΜΣ = М0  + Mз.   
МΔ = M0 - Мз.

Эти операции выполняются с запомненными значениями М0 и Мз.

МΣ

МΔ

б)

Iк

Qк

ССИ СП

От Пм

От Сч

ФД

Инт

АЦП

ФД

Инт

АЦП

БЦО

РИС. 2

Структурная схема аппаратуры потребителя. Упрощенная схема возможного варианта АП, в котором учтены отмеченные выше особенности, приведена на рис.3.

ССИ

СП

СО на УУЗ

МΣ

МΔ

CC ТИ

СО

От СЗ

R

АРУ

УРЧ

См

УПЧ

Дм

УКО

СЗ

УУЗ

ГК

Ком

ФМ

Кл

ОГ СЧ

РИС. 3

Принятый от опорной станции сигнал после усиления в УРЧ пе­реводится в смесителе См на промежуточную частоту и усиливается в УПЧ. Последний должен иметь эффективную автоматическую регулировку усиления АРУ, которая поддерживает постоянным уровень сиг­нала, поступающего на устройства обработки.

Обработка ФМС выполняется с помощью корреляционного метода и начинается с его демодуляции. В демодуляторе Дм принятый сигнал UC с несущей частотой, равной промежуточной частоте ωп.ч, умно­жается на опорный ФМС, имеющий частоту ωп.ч - ω.

Поиск сигнала. В рассматриваемой схеме применен последова­тельный поиск сигнала. Считается, что несущая частота ФМС известна. Поэтому поиск производится толь­ко по задержке (по дальности). В самой неблагоприятной ситуации анализу подвергается диапазон задержек от нулевой до Тпк. Пре­дусмотрено дискретное изменение задержки tM опорного сигнала с дискретом Δ = τк,. При этом число анализируемых элементарных ячеек по задержке

·

Требуемая достоверность обнаружения сигнала достигается, как указывалось выше, за время Тк = nТП.К, т.е. каждая из эле­ментарных ячеек с учетом необходимости анализа как при опережаю­щем, так и при запаздывающем кодах анализируется 2n раз подряд. Это означает, что каждое значение задержки tM = кΔ, где к = О, 1, 2, .... , Νя, сохраняется в течение 2n периодов повторения кода. Если за время 2 nТП.К сигнал не обнаружен, то tM увеличи­вается на Δ и процесс поиска продолжается.

Максимальное время поиска сигнала составляет

.

Процесс поиска в AП протекает следующим образом.

Опорный генератор ОГ (местный эталон времени), входящий в синтезатор частот СЧ, в моменты времени t0 = iΤп.к (i = 1, 2, 3, ... ) вырабатывает синхросигнал СC. Эти моменты должны соот­ветствовать моментам начала формирования ФМС на опорной станции. Синхросигнал CС задерживается в устройстве управления задержкой УУЗ на время tM и в момент tн = t0 + tM запускает генера­тор кодов ГК, который создает два сдвинутых друг относительно дру­га на τк кода, аналогичных коду опорной станции. Полученные ко­ды подаются на фазовый модулятор ФМ, на выходе которого образует­ся задержанный на tM опорный ФМС. Коммутатор Ком служит для пооче­редной (с периодом Тк = nТП.К) подачи на ФМ опережающего и запаз­дывающего кодов и управляется сигналом коммутации СП от УУЗ.

После частичной или полной (в зависимости от соотношения tM и tR) демодуляции в демодуляторе Дм сигнал подается на устройст­во квадратурной обработки УКО, где вырабатыва­ется сигнал, пропорциональный МΣ. Если уровень этого сигнала меньше порогового значения, то ключ Кл остается в положении, соот­ветствующем поиску сигнала, и через него на УУЗ продолжают посту­пать тактовые импульсы ТИ с синтезатора частот СЧ. Логическая схема УУЗ в момент tн выдает сигнал сброса интеграторов ССИ для устройства квадратурной обработки УКО, а через интервал времени nТП.К - сигнал переключения СП для коммутатора Ком и блока цифровой обработки БЦО устройства УКО. В момент окончания второго из интервалов nТП.К задержка tM под действием тактового импульса увеличивается на Δ = τк и описанный процесс повторяется.

Когда сигнал, пропорциональный МΣ, превысит порог обнару­жения, схема захвата СЗ замыкает ключом Кл цепь обратной связи следящей системы и дальномер переходит в режим слежения по даль­ности. При этом, как следует из сказанного, сохраняется то зна­чение задержки tM в УУЗ, при котором было достигнуто примерное совпадение опорного и принятого сигналов.

Режим слежения. В этом режиме используются те же устройства, которые принимали участие в поиске сигнала. Разница заключается только в том, что изменением задержки теперь управляет сигнал, про­порциональный ΜΔ, снимаемый с устройства квадратурной обработ­ки УКО. При этом сигнал обнаружения СО включает устройство слеже­ния за задержкой, входящее в УУЗ, которое плавно изменяет tM в пределах дискрета Δ по сигналу ΜΔ.

Значение R определяется по снимаемому с УУЗ коду, содержаще­му информацию о установившемся значении tM = tR.