МО РФ

РГРТА

Кафедра РУС

Курсовой проект на тему:

"Цифровая радиолиния КИМ-ФМ-ФМ"

Рязань 2004 г.

**Содержание**

1. Общая характеристика системы управления

2. Расчет и выбор основных технических характеристик системы

2.1 Определение частоты дискретизации

2.2 Определение разрядности квантования

2.3 Выбор несущей частоты передатчика

2.4 Структура группового сигнала, спектр сигнала

3. Расчет энергетического потенциала радиолинии

4. Принцип работы передатчика

5. Принцип работы приёмника

6. Контур управления

7. Заключение

8. Список литературы

**1. Общая характеристика системы управления**

Под управлением в самом общем случае понимается осуществление совокупности воздействий, выбранных из множества возможных на основании определенной информации и направленных на поддержание или улучшение функционирования некоторого объекта в соответствии с заданной целью.

Контролем называется получение и обработка информации о состоянии объекта и внешних условиях с целью обнаружения событий, определяющих управляющие воздействия, которые должны быть оказаны на объект. Обработка информации при контроле заключается в сравнении с установками одного или нескольких параметров, характеризующих состояние объекта, формировании и выдаче заключения о результате.

Под командным радиоуправлением понимается такое радиоуправление при котором команды формируются на пункте управления, на борт они передаются по специальной радиолинии. В состав командной радиолинии входят система выработки команд, система приема команд на борту и среда распространения. Основными требованиями к КРЛ:

1. высокая помехозащищенность
2. криптостойкость
3. имитостойкость

На борт летательного аппарата передается несколько команд, поэтому радиолиния является многоканальной.

В процессе управления на борт ракеты, по командной радиолинии, передаются множество различных команд, чтобы осуществить передачу по командной радиолинии нескольких независимых команд одновременно, необходимо сделать ее многоканальной.

Также как и в других многоканальных системах, в командной радиолинии для передачи каждого независимого сообщения выделяется отдельный канал. Разделения каналов между собой производится по временному, частотному или кодовому признакам. При этом в каждом канале формируется свое вспомогательное поднесущее колебание импульсное при временном или кодовом разделении каналов и непрерывное при разделении каналов по частоте.

При создании современных систем передачи используются как сложные сигналы (ШПС), так и сигналы с многоступенчатой модуляцией. На первой ступени используется, как правило, кодово-импульсная модуляция (КИМ), а на последующих – амплитудная модуляция (АМ), частотная (ЧМ), фазовая (ФМ). Наиболее часто встречаются сочетания КИМ-ЧМн-ФМ, КИМ-ЧМ-АМ, КИМ-АМ-ФМ, КИМ-ФМ-ФМ.

В данной работе разрабатывалась космическая система связи с КИМ-ФМ-ФМ. Характер спектра сигнала с многоступенчатой модуляцией в значительной степени определяется спектром сигнала КИМ. Кодово-импульсная модуляция является наиболее распространенным методом цифрового преобразования аналоговых сигналов. При КИМ осуществляется три вида преобразований : дискретизация по времени исходного сигнала, квантование амплитуд дискретных отсчетов сигнала и кодирование. Сформированные при дискретизации отсчеты преобразуются в группы кодовых символов. При формировании сигнала с трехступенчатой модуляцией сигналом КИМ манипулируется по фазе поднесущее колебание, которым в свою очередь по фазе, моделируется несущее колебание.

**2. Расчёт и выбор основных технических характеристик системы**

**2.1 Определение частоты дискретизации**

**радиолиния дискретизация квантование сигнал приемник**

Под дискретизацией понимается процесс представления непрерывного сообщения U(t), заданного на интервале (0,Tc), совокупностью его значений (отсчетов) U(ti) в дискретные моменты (моменты дискретизации). При равномерной дискретизации отсчеты формируются через равные промежутки времени Тд - интервалы дискретизации. Величина, обратная интервалу, Fд=1/Тд называется частотой дискретизации.

Условия, при которых аналоговый сигнал с ограниченным спектром может быть точно представлен своими отсчетами в дискретные моменты, вытекают из широко известной теоремы В. А. Котельникова, которая для равномерной дискретизации выражается формулой:



i

При этом условии аналоговый сигнал U(t) может быть восстановлен без искажений на выходе идеального фильтра низких частот, на вход которого подают отсчеты сигнала.

Опросом по Котельникову называют формирование выборок с частотой Fд=2Fm, где Fm-максимальная частота в спектре.

Применение простых способов интерполяции требует выбора более высокой частоты дискретизации, чем из теоремы Котельникова. Будем считать, что у нас линейная интерполяция, тогда из результатов теории интерполяции, можно показать, что

∆≈√∆

∆

из задания Fв=4Гц, δ0=0,015,следовательно

∆Тпр=1/8=0,125Гц

∆Тл=1,35\*√0,015\*0,125=0,02с

Fд=1/0,02=50Гц

**2.2 Определение разрядности квантователя**

Разрядность квантователя выбирается такой, чтобы достигалось заданное отношение с/ш.

По заданию отношение с/ш q=50дБ.

Отношение с/ш и разрядность информационного слова связаны в соответствии с [2] соотношением:

q=3\*N2кв/К2пф=3\*22r/ К2пф

где Кпф –пикфактор сигнала. Будем считать, что квантуемый сигнал распределён равномерно тогда

Тогда для двоичной системы счисления:

q(дБ)=10lg22r≈6r

Откуда,

,

Число уровней квантования B=2r=29=512.

**2.3 Выбор несущей частоты передатчика**

Для связи с аппаратом, летящим на небольших высотах, используется сантиметровый диапазон длин волн. Для удобства расчёта выберем λ=10 см. Рабочая частота при этом равна:

**2.4 Структура группового сигнала, спектр сигнала**

В наше время очень остро стоит вопрос об увеличении пропускной способности канала связи. Это достигается путём многоканальной передачи, и чтобы все каналы передать по одной линии связи используются различные методы разделения каналов. Наиболее простой метод разделения каналов это метод частотного разделения- FDMA(Frequency Division Multiple Access - множественный доступ с частотным разделением каналов). Метод доступа к сети, при котором каждому каналу ставилась в соответствие определенная частота для передачи и еще одна - для приема. Т.е. в приёмнике свой сигнал выделялся из смеси сигналов частотным фильтром, а модуляция несущей осуществлялась аналоговым или цифровым сигналом по частоте.

Развитие цифровой обработки сигнала предопределило появление второго поколения систем связи. Это - TDMA. TDMA - Time Division Multiple Access (множественный доступ с временным разделением каналов) - протокол, в котором цифровой поток разбивается на пакеты и каждый пакет передается с постоянным периодом в определенном временном окне. Основное достоинство таких сетей - большая помехоустойчивость по сравнению с FDMA-системами, хотя такое сравнение не совсем уместно для систем с аналоговой и цифровой передачей. США также не отставали от Европы и в 1990 г. создали свой стандарт D-AMPS (Digital Advanced Mobile Phone Service). В Японии в 1991 г. появился схожий стандарт JDC (Japanese Digital Cellular).

С появлением цифровых систем связи американская фирма Qualcomm начала разработку принципиально нового стандарта с кодовым разделением каналов (CDMA - Code Division Multiple Access). В отечественных трудах этот метод называется также уплотнение каналов по форме или широкополосная передача с помощью ШПС. Широкополосной эта система называется потому, что полоса частот излучаемого антенной сигнала значительно выше той минимальной полосы частот, необходимой для классических методов модуляции. Например, сигнал с амплитудной модуляцией (АМ) занимает полосу в два раза большую, чем полоса модулирующего сигнала; полоса частот сигнала с одной боковой полосой (ОБП) равна полосе информационного сигнала. Т.е. с первого взгляда кажется нецелесообразным проектировать такого рода систему, где промодулированный сигнал, скажем, занимает полосу частот в 1000 раз больше, чем исходный модулирующий. Однако это предположение в корне ошибочно как минимум по трем причинам. Во-первых, широкополосные сигналы, образованные с помощью различных ШПС, могут иметь одну и ту же среднюю частоту, т.е. передаваться в одной и той же полосе. Например, если информационный сигнал занимает полосу частот 0…10 кГц, то ΔF=10 кГц. При соответствующей модуляции ШПС этим сигналом полоса сигнала на выходе становится равной 1000П или 10000 кГц. Теоретически при подборе "хороших" ШПС количество таких сигналов, передаваемых в общей полосе частот, можно сравнять с количеством тех же АМ сигналов, которые без взаимных помех размещаются в той же полосе. Т.е. в нашем примере для АМ сигнала требуется полоса 2ΔF=20 кГц и при самой "плотной" упаковке в полосе 10 МГц можно расположить 500 каналов.

Вторая причина, по которой применение ШПС очень выгодна, - это высокая устойчивость к воздействию как широкополосных, так и узкополосных помех, что весьма актуально в условиях напряженной электромагнитной обстановки в пределах большого города. Третья причина - высокая энергетическая скрытность систем с ШПС и, как следствие, высокая конфиденциальность передаваемых данных. Суть сказанного состоит в том, что широкополосный сигнал не только трудно раскодировать - его трудно просто обнаружить, т.е. выявить сам факт работы абонентской станции.

В данной работе нужно спроектировать 7 канальную систему передачи информации. Частотное разделение каналов выполнять нецелесообразно, кодовое очень сложно и его проектирование для 7 каналов не выгодно, так как это очень дорогостоящая система, потому что сигнал сверхширокополосный.

Поэтому использовалось временное разделение каналов. К тому же у нас импульсная модуляция, а при ней благодаря большой скважности между импульсами одного канала остаётся большой промежуток времени, в котором можно разместить импульсы других каналов. При этом все каналы занимают одну полосу частот, но линия связи используется поочерёдно для передачи канальных сигналов.

Будем использовать синхронный метод передачи с кадровой синхронизацией. Для того чтобы на приёмной стороне мы могли прочитать информацию нужно знать момент её появления. Для этого может использоваться синхросигнал еще называемый – пилот сигнал. Он размещается в начале кадра и должен отличаться от информационного сигнала. Для повышения помехоустойчивости в качестве синхрослова используются коды Баркера или всё чаще М-последовательности.

Длительность одного кадра обозначим Тк, а длительность синхрослова и кодового слова Тсин, Ткс соответственно. Тогда ,

Тк=Тсин+N\*Ткс,

где N – число каналов.

Длительность кадра определяется частотой дискретизации.

Тк=1/Fд=1/50=0.02С=20мС

По заданию имеется 7 каналов. Количество элементарных символов передаваемых в каждом канале равно разрядности кодового слова = 9.

Тогда количество элементарных символов в информационном сигнале:

Nи = N\*r = 7\*9 = 63.

В качестве синхрослова выберем М-последовательность, в этом случае для уменьшения вероятности ложного срабатывания системы кадровой синхронизации необходимо выбрать количество разрядов кадрового синхрослова не менее 50% от разрядности информационной части сигнала(т. е. от Nи ). В нашем случае Nи = 63, поэтому выберем в качестве синхрослова шестидесяти трёхрех разрядную М-последовательность. АКФ такого кода имеет узкий центральный пик и минимальный уровень боковых лепестков = 1 / Nm , где Nm- значность кода.

Количество элементарных символов в кадре:

Nк =Nксс + Nи = 63 + 63 = 126 (шт.)

Длительность элементарного символа:

τ = Тк / Nк = 0,02 / 126 ≅ 159 \*10-6с. = 159 мкс

Тактовая частота:

f т = 1/τ = 1/159 \*10-6 = 6300 Гц ≅6.3 кГц

Вид группового сигнала:

В первом приближении ширина спектра КИМ-ФМ-ФМ определяется шириной главного лепестка:

Δf = 2 \* (1 / τ ) = 2 \* 1 /159 \*10-6с = 12579Гц = 12.6 кГц

**3. Расчет энергетического потенциала радиолинии**

Энергетическим потенциалом радиолинии называется отношение средней мощности сигнала к спектральной плотности шума, пересчитанное ко входу приемника. В радиолиниях независимо от того, в каком участке диапазона они работают, всегда присутствуют принятые антенной естественные шумы и собственные шумы приёмных устройств. Эти шумы аддитивные по отношению к сигналу на входе приёмника, имеют гауссовское распределение и практически равномерный спектр в пределах полосы пропускания приёмника. При расчётах, учитывающих действие таких шумов, удобно использовать понятие энергетического потенциала.

Энергетический потенциал определяет возможности командных радиолиний в части обеспечения точности измерения параметров движения, пропускной способности и вероятности ошибки при приёме информации.

В данной работе задана линия с расстоянием между приемником и передатчиком l=190 км. Это линия "Земля - управляемый объект". Линия связи подобного типа предназначена для передачи различных команд с пункта управления на борт беспилотного летательного аппарата.

Расстояние между приемником и излучателем l= 190 км.

Длина волны λ = 10 см.

Частота f = C / λ = 3 ГГц

Бортовая антенна (параболическая): dпрм=0,2;

Диаметр передающей антенны (параболическая): dпрд=3м

антенна всенаправленная (D = 1)

Длительность элементарного символа : τ0 = 159 \*10-6с

Эквивалентная шумовая температура бортового приемника: Тэ = 1000 К;

В соответствии с известным уравнением дальности связи мощность сигнала на входе приемника определяется выражением:

Рс вх=Ризл\*G\*Sэпрм\*γЕ/4\*π\*l2

Ризл - средняя мощность, излучаемая передатчиком

G - КНД антенны передатчика

Sэпрм - эффективная площадь приемной антенны

r - расстояние между передатчиком и приемником

γЕ - коэффициент, учитывающий потери энергии сигнала в среде за счет поглощения:

γЕ = exp(- 0.23αl);

для λ = 10 см. α = 0,001 dB/км

Рс вх = (Ризл G Sэ прм / (4πl2) ) exp(- 0.23αl)

В простейшем случае, когда основной помехой являются только внутренние флюктуационные шумы приемника с равномерной спектральной плотностью No, мощность помехи на входе ( при согласованном входе ) равна

Рш вх=NoΔfэ=kTэΔfэ

No=kTэ

где к = 1,38\*10-23 Дж/К - постоянная Больцмана

Тэ - эквивалентная шумовая температура входа.

Тогда

(Рс/Рш)вх=РизлGSэпрмexp(-0.23αl)/4πl2NoΔfэ

Это выражение определяет фактическое отношение С/Ш на входе приемника при известных параметрах линии связи.

Пусть для того, чтобы обеспечить требуемую вероятность ошибки при передаче одной двоичной еденицы информации, необходимо иметь энергетическое отношение С/Ш:

h2oтр=(Рс/Рш)вх τоΔfэ

Тогда требуемое отношение С/Ш на входе приемника:

 (Рс/Рш)тр=γсистhoтр2/ τоΔfэ

γсист- коэффициент запаса, выбирается от 2 до 10

зададимся γсист = 8

По ТЗ вероятность ошибочного приёма одного символа Рош=10-4. Тогда для ФМн-сигналов можно записать:

γс-постоянный коэффициент, для ФМн-сигналов γс=21/2

h 20тр≥h20=(2/ γ2с )ln(1/2Рош)=1,41\*8,5=12

h 20тр=15

Для того чтобы линия связи обеспечивала передачу информации с помехоустойчивостью не ниже заданной, необходимо выполнить условие:

(Рс/Рш)вх≥(Рс/Рш)тр

(Ризл G Sэ прм / (4πl2kTэ) ) exp(- 0.23αl)≥ γсистhoтр2/ τо

КНД передающей антенны

G=ηa(πdпрд/λ)2,где

ηa - КИП (коэффициент использования площади) - коэффициент учитывающий эффективность использования площади раскрыва антенны (0,55 для параболической)

Вычислим Sэ прм и Sэ прд:

Sэ прм==ηaπd 2прм/4;

Sэ прм=0,55\*3,14\*0,22/4=0,07м2

Sэ прд=ηaπd 2прд/4 ;

Sэ прд=0,55\*3,14\*32/4=3,88м2

G=0,55(3,14\*3/0.03)2 =54228 ;

G =47 дБ.

Мощность передатчика:

Ризл\*1,6\*1018 ≥ 754717

Ризл ≥ 4,7\*10-13

Возьмем Рпрд = 10 Вт для того чтобы скомпенсировать неучтённые факторы (помехи, неточность ориентации антенны и.т.д.).

**4. Принцип работы передатчика**

Сигнал с датчиков или любых других источников аналоговой информации поступает на быстродействующие аналоговые ключи. Работой, которых управляет схема временного разделения каналов, состоящая из дешифратора 1, счётчика 1 и генератора импульсов 1.Схема работает следующим образом:

Генератор импульсов 1 выдаёт короткие импульсы расстояния, между которыми равны времени преобразования А.Ц.П. Эти импульсы подсчитываются трёхразрядным асинхронным счётчиком импульсов граф которого имеет такой вид

Такой счётчик легко реализовать на трёх синхронных D-триггерах. Трёх разрядный двоичный код со счётчика 1 поступает на дешифратор 1, который в зависимости от кода подключает соответствующие каналы.

Таким образом, на вход А.Ц.П. поступают последовательно аналоговые сигналы с соответствующих аналоговых входов. А.Ц.П. синхронизируется побитовым генератором. Это генератор коротких импульсов, расстояние между которыми равно длительности элементарного символа в коде. А.Ц.П., как правило, содержит на выходе параллельный регистр, у которого выходы находятся в так называемом третьем состоянии (высокий импенданс) . Чтобы обеспечить вывод данных нужен сигнал разрешения он поступает от генератора импульсов 1. После вывода параллельного кода выводы этого регистра автоматически переходят обратно в третье состояние.

С А.Ц.П. выходит 9 разрядный параллельный код командного слова, который поступает на преобразователь кода из параллельного в последовательный. Такой преобразователь может быть выполнен на параллельно-последовательном регистре, который синхронизируется также от побитового генератора.

В качестве синхрослова используется 63 разрядная М-последовательность. Синхрослово должно быть в начале кадра. Схема формирования синхрослова может быть выполнена на основе формирователя М-последовательности и на основе П.З.У. Первый вариант схемы (рис.1) работает таким образом:

Имеется формирователь М-последовательности (Ф.М.П.), который легко реализуется с помощью линейных переключательных схем на основе сдвигающих регистров. Принцип формирования в данном проекте рассматривать не будем, он очень подробно рассмотрен в литературе [1]. В качестве синхросигнала для Ф.М.П. используется побитовый генератор импульсов. Генерация последовательности начинается, когда приходит сигнал высокого уровня со схемы сравнения (сигнал пуск). Такой сигнал возможен только в том случае если подключен первый канал и начат вывод из А.Ц.П. первого кодового слова. Для формирования 63 разрядной М-последовательности необходимо 64 импульса. Схема подсчёта этих импульсов выполнена на счётчике 2 и дешифраторе 2. Как только счётчик насчитывает 64 импульса на соответствующем выходе дешифратора появляется сигнал высокого уровня (сигнал останов.), который останавливает Ф.М.П. Так как счётчик 2 будет постоянно считать импульсы с побитового генератора импульсов, то в момент начала формирования М-последовательности его надо вернуть в исходное состояние (сбросить). Для этого сигнал пуск со схемы сравнения подаётся на ключ, который подключает сигнал высокого уровня на небольшое время к входу сброса счётчика. Сигнал останов. также переводит регистр-преобразователь кода из третьего состояния в рабочее и с его выхода начинает выходить М-последовательность в последовательном двоичном коде. Как только все 63 разряда синхрослова выйдут из регистра, он автоматически переходит в третье состояние.

Второй вариант схемы (рис.2) формирования М-последовательности основан на использовании П.З.У. Принцип работы такой:

Аналогично схеме с генератором М-последовательности имеется сигнал пуск. Он поступает на П.З.У. и переводит его в режим считывания. В П.З.У. заранее запрограммирована нужная 63 разрядная М-последовательность. Также на П.З.У. поступает сигнал синхронизации от битового генератора, как и в предыдущей схеме. Синхрослово выходит в параллельном коде из П.З.У. и поступает на преобразователь кода в виде регистра. После вывода П.З.У. выходит из режима считывания и ждёт сигнал пуск. Сигнал пуск также переводит преобразователь кода в рабочее состояние, и начинается вывод синхрослова в последовательном коде под действием сигнала синхронизации, поступающего от битового генератора. Эта схема наиболее простая так как требуется меньше сигналов управления по сравнению со схемой на формирователе. Также малогабаритнее, дешевле и надёжнее так как используется меньше радиоэлементов и микросхемы П.З.У. такой малой емкости очень дёшевы. В работе я рассмотрел простейший вариант схемы. Вообще, как правило, такие схемы формирования делаются на микропроцессорном комплекте или микроконтроллерах, тогда всё управление можно осуществлять программным путём через порты ввода-вывода.

Синхрослово поступает на сумматор, где суммируется с кодовыми словами. Чтобы не было наложения синхрослова на кодовые слова необходимо задержать кодовые слова на время равное длительности синхрослова. Это делается с помощью цифровой линии задержки или блока памяти.

В результате образуется кадр, состоящий из синхрослова и 7кодовых слов, разделённых по времени. Далее ,сигнал поступает на в.ч. каскад (рис.3) где он поступает на фазовый манипулятор, с помощью которого манипулируется поднесущая. Сформированным фазоманипулированным сигналом на поднесущей осуществляется фазовая модуляция несущего колебания.

На в.ч. каскад

**Рис. 1**

На в.ч. каскад

**Рис. 2**

**рис. 3**

**5. Принцип работы приёмника**

Сигнал КИМ-ФМ-ФМ принимается приёмной антенной и поступает в высокочастотную часть приёмника. С её выхода сигнал поступает на фазовый детектор 1, опорное напряжение, для которого вырабатывает система формирования опорного напряжения 1.

Далее сигнал на поднесущей поступает на фазовый детектор 2 со своим формирователем опорного напряжения 2.

Работой приёмника управляет система посимвольной синхронизации. Её назначение – вырабатывать периодическую последовательность импульсов. Передний и задний фронты каждого синхронизирующего импульса должны совпадать с началом и концом каждого элементарного символа. Для этого сигнал К.И.М. поступает на режекторный фильтр, с фильтра выходит сигнал, частота которого в два раза меньше частоты следования элементарных символов в КИМ, но это только в том случае если в сигнале КИМ нули и единицы распределены равномерно, поэтому всегда есть ошибка. Далее частота сигнала удваивается, фильтруется и служит управляющим сигналом для схемы ФАПЧ, которая подстраивает местный тактовый генератор.

С выхода МТГ сигнал поступает на формирователь импульсов на выходе, которого и будет нужный синхросигнал. Сигнал с КИМ поступает на схему посимвольного сравнения на основе согласованного фильтра. На эту схему в качестве опорного сигнала подаётся та же 63 разрядная М-последовательность, что использовалась в качестве синхрослова на передающей стороне. Она хранится в ПЗУ. ПЗУ и схема сравнения синхронизируются от системы посимвольной синхронизации.

Как только схема сравнения примет нужную М-последовательность, на её выходе появится сигнал высокого уровня (ПУСК). Это означает что следующий бит принадлежит 1 кодовому слову. Выводом данных в соответствующие каналы управляет аналоговый управляемый коммутатор. Сигнал пуск поступает на управляемый ключ. Ключ замыкается и кодовое слово проходит в последовательном коде в регистр – преобразователь кода. С регистра кодовое слово в параллельном коде поступает в ЦАП. С выхода ЦАП аналоговый командный сигнал поступает на аналоговый управляемый коммутатор и в нужный канал.

Так как 7 каналов нужна схема переключения каналов. Она реализована на схеме пересчёта элементарных символов, состоящей из счётчика и дешифратора.

Как только со схемы сравнения выходит сигнал пуск, этот сигнал запускает счётчик импульсов. Нам известна разрядность кодовых слов, поэтому для формирования сигнала переключения канала можно использовать дешифратор.

После каждого 9 символа на соответствующих выходах дешифратора появляется сигнал высокого уровня, именно он поступает на управляемый коммутатор, и каналы последовательно переключаются.

Как только счётчик насчитает 63 импульсов, что означает что прошли все 7 кодовых слов, сигнал с выхода дешифратора сбрасывает и останавливает счётчик, так же этот сигнал отключает коммутатор и сбрасывает его схему переключения в начальное положение т.е. на 1 канал, и он же размыкает управляемый ключ.

Далее система ждёт прихода другого кадра и работа повторяется.

**6. Контур управления**

В общем случае контур управления состоит из нескольких контуров. Принято различать внутренние и внешние контура. Внутренние контура – это контуры стабилизации, а внешние контуры определяют движение летательного аппарата по траектории. Нас будет интересовать только внешний контур.

Внешний контур радиоуправления имеет ряд особенностей:

1. Обязательное наличие звена Автопилот-Снаряд (А-С). Входом этого звена является сигнал рассогласования ΔU либо командный сигнал Uk, а выходом - например угол определяющий направление скорости – γсн.

2. В контур должно входить радиозвено, которое определяет информационную связь между различными переменными, действующими в системе. Все радиотехнические устройства, с помощью которых измеряются координаты, передаются сигналы управления, объединяются в радиозвено. Выходным сигналом радиозвена является сигнал рассогласования.

3. Кинематическое звено. Оно не связано с какой либо аппаратурой, а определяет соотношения между различными координатами и параметрами движения. Это звено указывает связь между выходом звена Автопилот-Снаряд и координатами, являющимися входом радиозвена.

Будем считать, что у нас командное радиоуправление первого рода, тогда контур управления имеет вид:

**7. Заключение**

В данном курсовом проекте была разработанная командная радиолиния КИМ-ФМ-ФМ, которая полностью отвечает требованиям технического задания. Схемная реализация получилась простой и дешёвой, и что самое важное, может быть выполнена на отечественной элементной базе. Проект позволил мне изучить принципы построения командных радиолиний. Я изучил методы разделения каналов, которые в наше время просто необходимо знать радиоиженеру.

**8. Список литературы**

1. Варакин Л.Е. Системы связи с шумоподобными сигналами. /Москва

"Радио и связь" 1985г.

2. Пенин П.И. Системы передачи цифровой информации. /Москва "Советское радио" 1976.

3. Основы радиоуправления. под ред. В.А. Вейцеля и В.Н. Типугина М. : 1973 г.

4. Основы радиоуправления. под ред. В.А. Вейцеля и В.Н. Типугина М. : 1962 г.

5. Сазонов Д.М. Антенны и устройства СВЧ. /М.: Высшая школа 1998.

6.Учебное пособие "теоретические основы цифровой обработки сигналов" В.В. Езерский и В.С. Паршин /Рязань 1996г