



СИСТЕМЫ РАДИОНАВИГАЦИИ

Общие положения



Радионавигация – есть вождение самолетов, космических аппаратов и морских кораблей с использованием радиосредств.

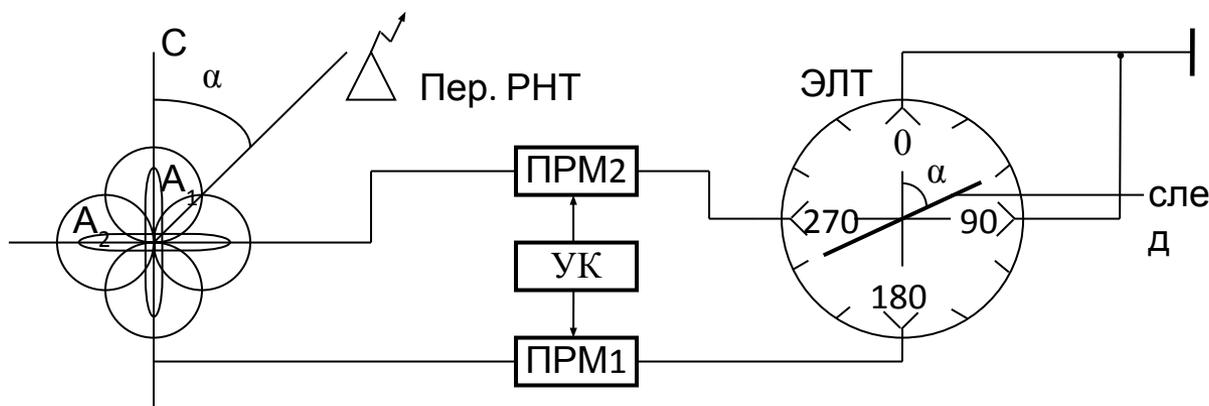
Радионавигационные системы (РНС) были вторыми после систем радиосвязи, определяющими развитие радиотехники.

В задачу радионавигации (РН) входит управление объектом, заключающееся в таком изменении фактической траектории, при котором происходит ее сближение с требуемой.

Радиопеленгатор с использованием принципа сравнения амплитуд



В данном пеленгаторе прием сигнала передатчика, расположенного в РНТ, осуществляется двухканальным приемником на две рамочные неподвижные антенны, ориентированные в пространстве под углом 90° .



Радиопеленгатор с использованием принципа сравнения амплитуд



Вследствие чего напряжения, наводимые в антеннах, будут сдвинуты по фазе на 90° , т. е. одно напряжение имеет синусоидальную зависимость, другое – косинусоидальную. Поэтому отклонение следа на экране ЭЛТ происходит в двух координатах X и Y.

По угловому положению следа и шкале ЭЛТ оператор зрительно фиксирует пеленг.

При асимметрии усиления трактов приема по модулю создается погрешность в определении следа. При асимметрии фазовых сдвигов в каналах след на экране ЭЛТ будет из линии превращаться в эллипс, главная ось которого поворачивается вследствие неоднотипности каналов приема, что приводит к погрешности.

Радиопеленгатор с использованием принципа сравнения амплитуд



Основные трудности проектирования и производства радиопеленгаторов такого типа сводятся к обеспечению идентичности каналов приема. При изготовлении приемных трактов неизбежны асимметрии в модуле и фазе их коэффициентов передачи. При эксплуатации эти факторы усугубляются. Поэтому в приемных трактах используется калибровка коэффициентов передачи с помощью устройства калибровки (УК).

Достоинства радиопеленгатора:

простота конструкции и дешевизна;

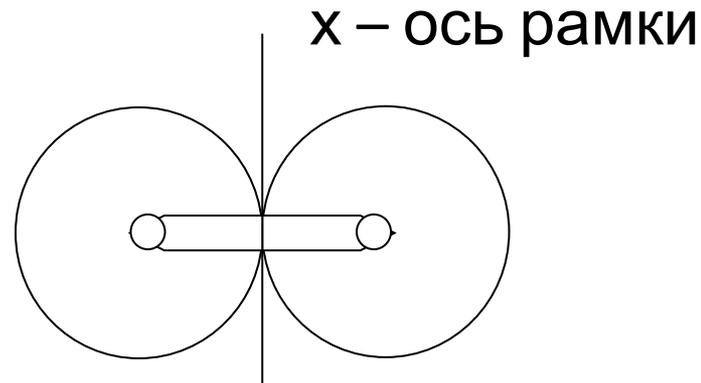
возможность пеленгования любых сигналов, наличие модуляции при идентичности каналов приема не сказывается на точности пеленгования.

Погрешности отсчета пеленга составляют 1–2°.

Автоматические радиопеленгаторы со следящим приводом (радиокомпасы)

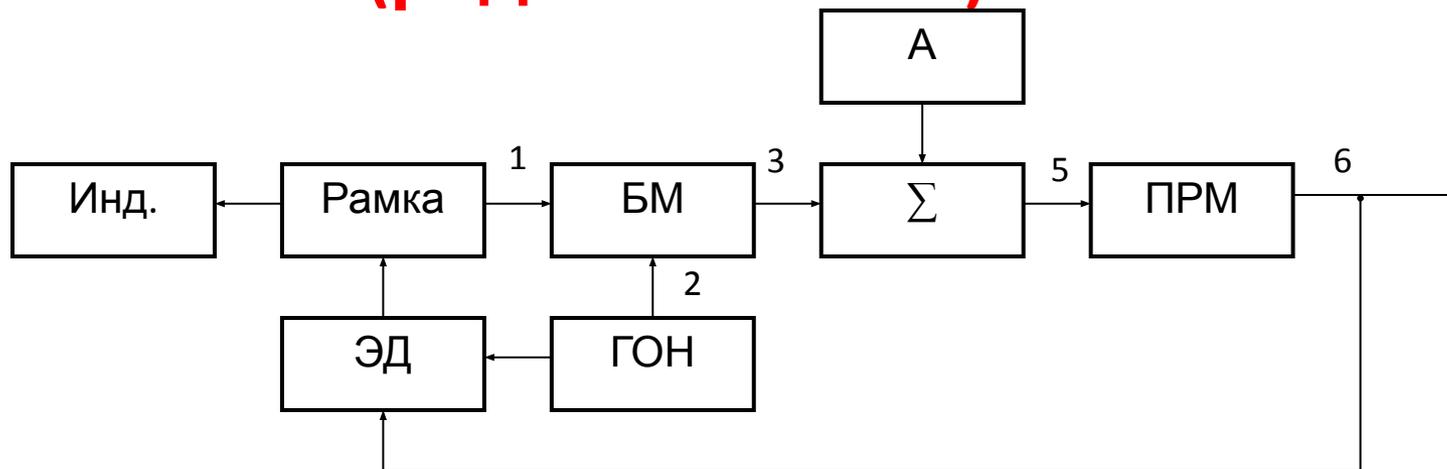


Для пеленгования используются рамочные антенны, диаграмма направленности которых показана на рисунке.



Наиболее острую чувствительность ДН антенны имеет в положении ее минимума, совпадающим с осью рамки, т. е. когда рамка расположена плоскостью по направлению на излучатель (передатчик РНТ). Но в этом случае прием сигнала невозможен, т.к. сигнал на входе приемника равен нулю.

Автоматические радиопеленгаторы со следящим приводом (радиокомпасы)



Чтобы приемник принимал сигнал в минимуме ДН рамки, используют вторую ненаправленную антенну. В положении точного направления плоскости рамки на передающую радиостанцию суммарный сигнал от двух антенн должен быть такой же, как от одной ненаправленной антенны, и постоянным по амплитуде. На выходе амплитудного детектора приемника будет нулевое напряжение.

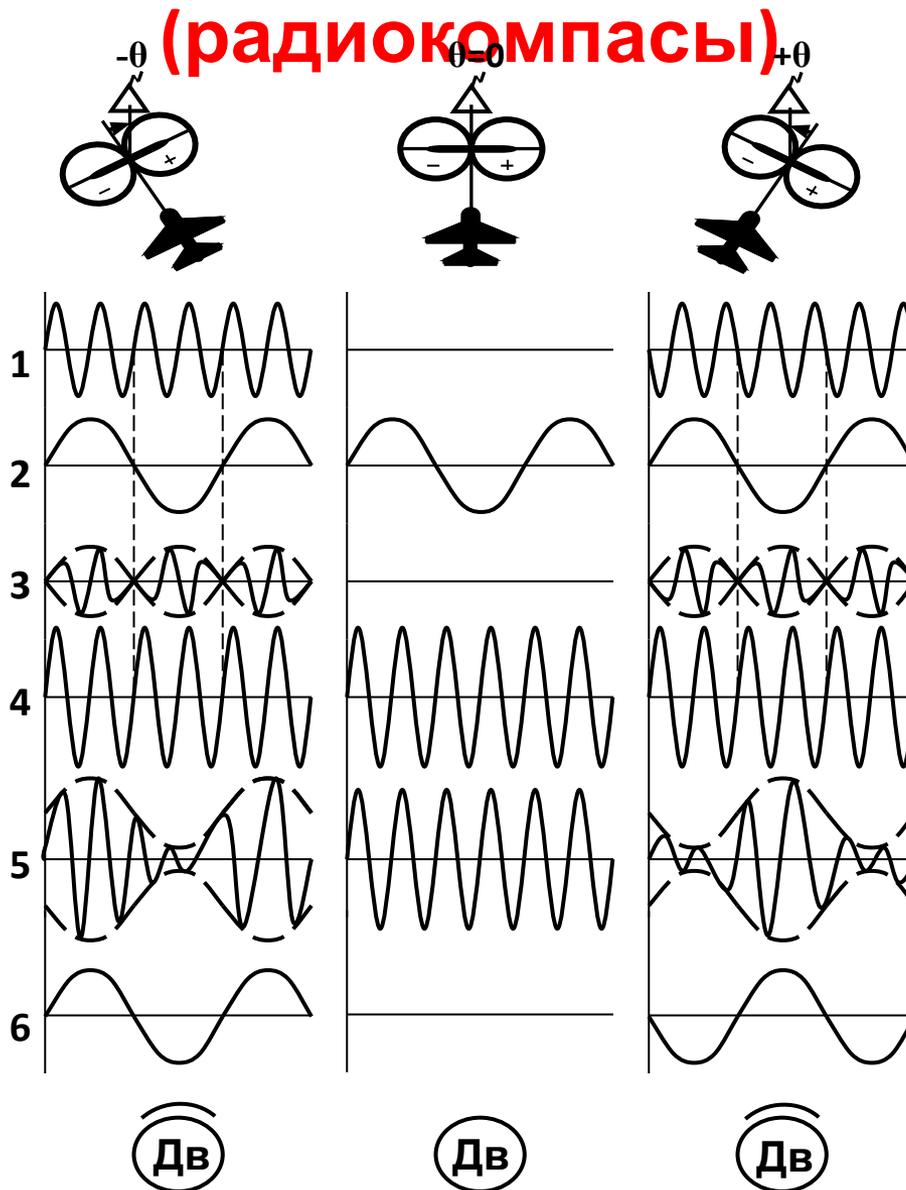
Автоматические радиопеленгаторы со следящим приводом (радиокомпасы)



В этом случае электродвигатель (ЭД) не будет вращать рамку. Таких положений у рамочной антенны два, поэтому налицо неоднозначность.

Для того чтобы замкнутая система работала однозначно, сигнал рамки с помощью балансного модулятора (БМ) модулируют, используя опорный генератор (ОГ) с частотой F_M . При этом происходит модуляция фазы и амплитуды сигнала рамки с частотой F_M . При сложении сигналов рамочной антенны и ненаправленной антенны в сумматоре (Σ), на резонансном контуре получается амплитудно-модулированное колебание (АМК). Причем фаза огибающей этого колебания определяется фазой колебания на выходе БМ, т. е. определяется положением рамки по отношению к направлению на радиостанцию. Глубина модуляции зависит от степени отклонения.

Автоматические радиопеленгаторы со следящим приводом (радиокомпасы)



Автоматические радиопеленгаторы со следящим приводом (радиокомпасы)



При положении плоскости рамки, точно совпадающим с направлением на радиостанцию, модуляция отсутствует.

После детектора на выходе приемника будет напряжение частоты F_M , которое подается в качестве управляющего на ЭД, вращающий рамку в такое положение, когда глубина модуляции равна нулю, т. е. рамка устанавливается по направлению на излучатель. Амплитуда управляющего напряжения определяет степень отклонения рамки от направления на радиостанцию, а фаза – направление отклонения. Таким образом, рамка будет отслеживать направление на радиостанцию.

Чтобы рамка отслеживала курсовой угол, т. е. угол между осью самолета и направлением на радиостанцию, необходимо рамку крепить неподвижно на шасси самолета и связать ее с гониометром, который имеет две статорные катушки и роторную (искательную) катушку.

Следящая система, изменяя положение искательной катушки, с помощью ЭД устанавливает ее так, что выходное напряжение приемника становится равным нулю. Ось искательной катушки

Автоматические радиопеленгаторы со следящим приводом (радиокомпасы)



Рассмотренное устройство представляет собой замкнутую следящую систему с обратной связью, которая по существу является автоматическим радиокомпасом (АРК).

При $\theta \approx 0^\circ$ (первый минимум ДН) – обратная связь отрицательная. Система с ОС сводит расстройку $\Delta\theta$ к нулю.

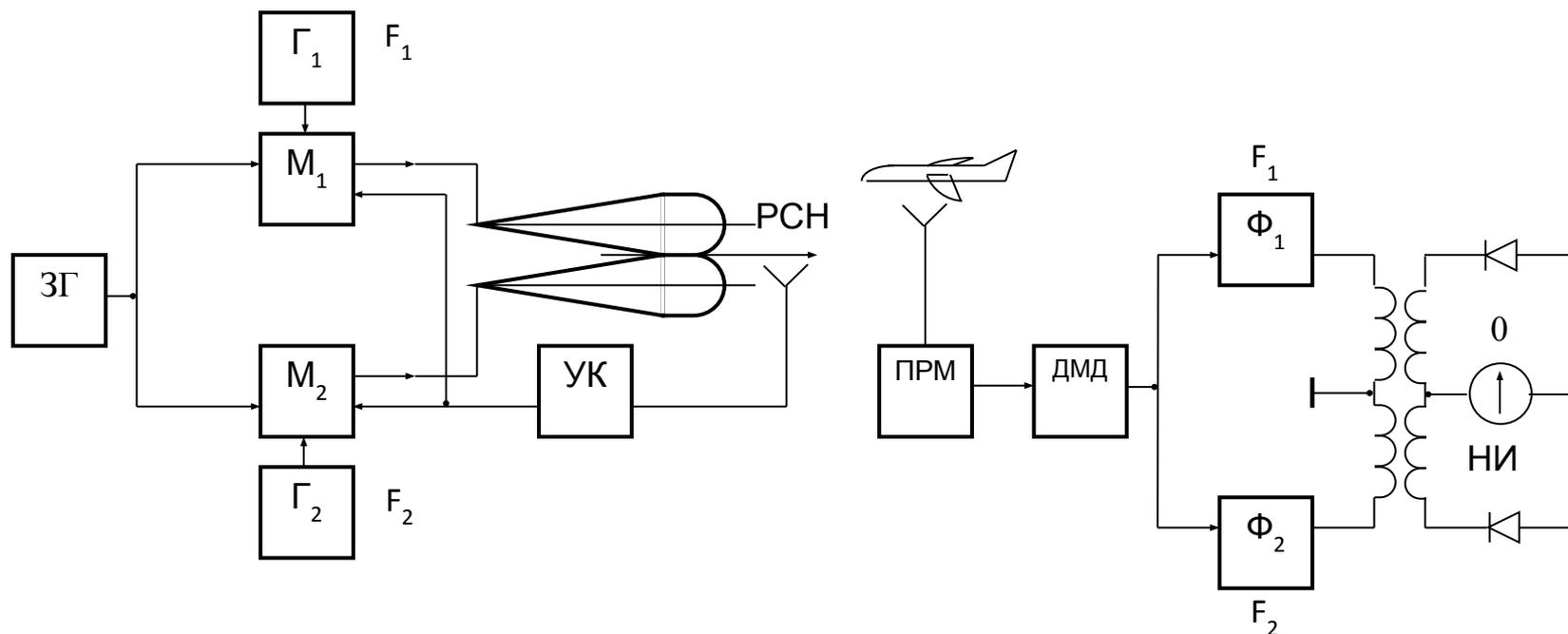
При $\theta \approx 180^\circ$ (второй минимум ДН) – обратная связь положительная и слежение около точки $\theta \approx 180^\circ$ невозможно. Система с ОС уходит от состояния $\theta = 180^\circ$ и приходит к автоматической установке в положение устойчивого минимума при $\theta \approx 0^\circ$.

Автоматические радиокомпасы являются помехоустойчивыми системами. Это объясняется тем, что на положение рамки могут влиять составляющие помех, находящиеся в узком участке частот, определяемой полосой выходного фильтра приемника, которая составляет единицы герц на опорной частоте F_M .



Направленный радиомаяк

Пеленгация с помощью направленных радиомаяков предусматривает: размещение громоздкой аппаратуры с мощными передатчиками и направленными антеннами в РНТ на земле, а радиопеленг измеряется на борту ЛА с помощью простого приемного устройства с компактной ненаправленной антенной.



Направленный радиомаяк



Передающее устройство в РНТ формирует равносигнальную зону и с помощью устройства контроля поддерживает ее в заданном направлении. Пилот по нуль-индикатору (НИ) направляет движение ЛА по направлению равносигнальной зоны.

Для повышения точности системы используют узколепестковые антенны, работающие в диапазоне около 100 МГц. Этот диапазон обеспечивает работу только в пределах прямой видимости.

Такие системы используются в аэропортах для слепой посадки самолетов. Для слепой посадки необходимо формировать две равносигнальные зоны: одна в горизонтальной плоскости, вторая – в вертикальной, пересечение которых дает траекторию снижения самолета – **глиссаду**.

Аэродромные радиомаяки такого типа называют глиссадными.

Точность глиссады определяется идентичностью модуляторов, генераторов, ДН антенн, фильтров и балансом

Радионавигационные системы с использованием искусственных спутников Земли (ИСЗ)



ИСЗ позволяют создавать глобальные РНС на новых принципах. Спутниковые навигационные системы (СНС) обладают рядом преимуществ перед традиционными радиотехническими системами навигации:

- большая высота полета ИСЗ позволяет создать глобальную зону действия радиотехнических средств, установленных на спутниках, при использовании простых антенных устройств как на спутниках;
- с помощью созвездия ИСЗ обеспечивается создание навигационной системы, охватывающей территорию земного шара;
- нахождение спутника в пределах прямой видимости в любой точке зоны действия его радиотехнических средств позволяет использовать наиболее помехоустойчивые диапазоны радиоволн и, вследствие чего, передавать сигналы малой мощности с малыми искажениями;
- отсутствие передающего устройства;
- СНС позволяет решать задачи навигации в районах со слаборазвитой структурой наземного оборудования навигационных РТС и надводными пространствами.

Радионавигационные системы с использованием искусственных спутников Земли (ИСЗ)



ИСЗ можно рассматривать как движущуюся РНТ, положение которой в каждый момент времени должно быть известно с высокой точностью, т. е. траектория ИСЗ известна во времени. Тогда в принципе возможно использование ИСЗ с известными координатами во времени для определения дальности спутника по отношению к воздушному судну (ВС) ранее рассмотренными методами. Так, определив дальности до трех положений ИСЗ, можно определить координаты ВС.

Радионавигационные системы с использованием искусственных спутников Земли (ИСЗ)



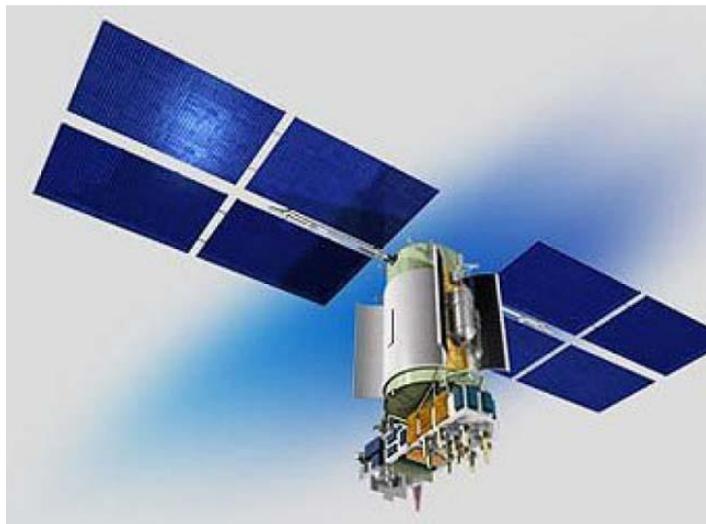
- Навигационные спутниковые системы предназначены для определения местоположения, скорости движения, а также точного времени морских, воздушных, сухопутных и других видов потребителей. NAVSTAR и ГЛОНАСС - системы двойного назначения, изначально разработанные по заказу и под контролем военных для нужд Министерств обороны и поэтому первое, и основное назначение у систем стратегическое, второе назначение указанных систем гражданское. Исходя из этого, все действующие ныне спутники передают два вида сигналов: стандартной точности для гражданских пользователей и высокой точности для военных пользователей (этот сигнал закодирован и доступен только при предоставлении соответствующего уровня доступа от Министерства обороны). Навигационные системы являются **независимыми (полностью автономными)** и беззапросными (пользовательская аппаратура только принимает сигнал, не посылая запрос на спутник) и используют сигналы на основе «[псевдошумовых последовательностей](#)», применение которых придаёт им высокую помехозащищённость и надёжность при невысокой мощности излучения передатчиков.



Радионавигационные системы с использованием искусственных спутников Земли (ИСЗ)

Навигационные системы NAVSTAR GPS и ГЛОНАСС состоят из трёх основных подсистем:

- подсистема космических аппаратов;
- подсистема контроля и управления;
- навигационной аппаратуры потребителей.



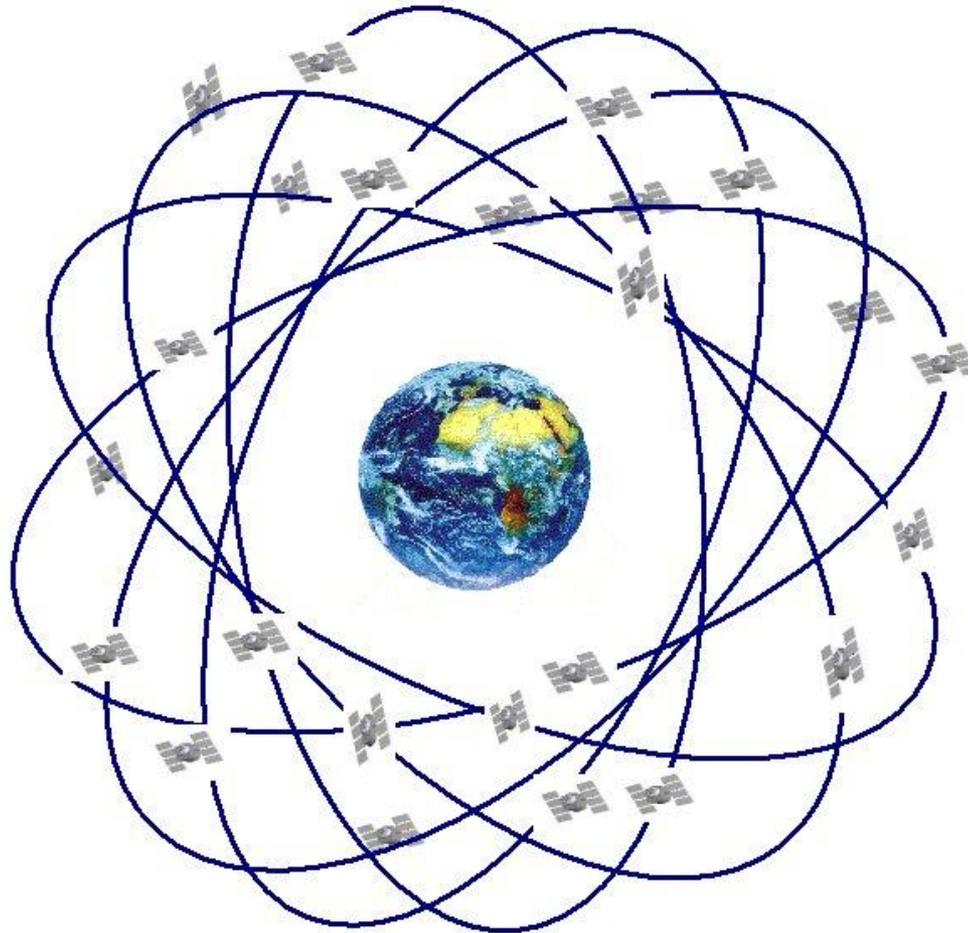
Радионавигационные системы с использованием искусственных спутников Земли (ИСЗ)



Подсистема космических аппаратов

Спутники, разбитые по группам, вращаются в своих орбитальных плоскостях на неизменной средневысотной орбите, на постоянном расстоянии от поверхности Земли. Для получения сигнала в любое время, в любой точке земного шара и в 100 километрах от поверхности земли требуется 24 спутника. Если разделить условно, то по 12 спутников на каждое полушарие. Орбиты этих спутников образуют “сетку” над поверхностью земли, благодаря чему над горизонтом всегда гарантированно находятся минимум четыре спутника, а созвездие построено так, что, как правило, одновременно доступно не менее шести. Полностью развёрнутая спутниковая система имеет также резервные спутники, по одному в каждой плоскости, для “горячей” замены (в случае выхода основного спутника из строя они могут быть оперативно введены взамен неисправного). Резервные спутники не бездействуют и также участвуют в работе системы, улучшая точность позиционирования и обеспечивая достаточную избыточность. На борту спутника располагаются несколько эталонов времени и частоты «высокоточные атомные часы». Работает всегда один эталон, а располагается их в спутнике несколько (от трёх до четырёх).

Радионавигационные системы с использованием искусственных спутников Земли (ИСЗ)



Радионавигационные системы с использованием искусственных спутников Земли (ИСЗ)



Подсистема контроля и управления:

- центра управления навигационной системой со своим мощным вычислительным центром
- развёрнутой сети станций измерения управления и контроля, связанных между собой
- центром управления каналами связи и наземного эталона времени и частоты “атомных часов”, для синхронизации бортовых “атомных часов” спутников.

В задачи данной подсистемы входит контроль правильности функционирования спутников, непрерывное уточнение параметров орбит и выдача на спутники временных программ, команд управления и навигационной информации. При пролёте спутника в зоне видимости станции измерения, управления и контроля, она осуществляет наблюдение за спутником, принимает навигационные сигналы, производит первичную обработку данных и производит обмен данными с центром управления системой. На главной станции происходит обработка и вычисление всех поступающих от сети управления данных их математическая обработка и вычисление координатных и корректирующих данных, подлежащих загрузке в бортовой компьютер спутника.

Навигационная аппаратура потребителей

Состоит из навигационных приемников и устройств обработки, предназначенных для приема навигационных сигналов спутников и вычисления собственных координат, скорости и времени.

Радионавигационные системы с использованием искусственных спутников Земли (ИСЗ)



Задача вычисления своего местоположения пользователем является достаточно сложной, так как для вычисления собственных координат на местности необходимо вычислить координаты нескольких спутников, т.е. знать их точное местоположение относительно приёмной аппаратуры. Спутники постоянно двигаются, соответственно координаты постоянно меняются. Для оперативного просчёта и уменьшения вычислительной мощности размеров и стоимости пользовательской аппаратуры, вычисление максимально возможного объема данных было возложено на наземный комплекс управления. Зная предполагаемые параметры орбиты и точные координаты спутника в опорной точке можно вычислить координаты спутника в любой произвольный момент времени. Спрогнозированные параметры орбиты и их производные называются – **эфемеридами**. Набор сведений, применяемых для поиска видимых спутников и выбора оптимального созвездия и, содержащих сведения о текущем состоянии навигационной системы в целом, включая “загрублённые” эфемериды, называются **альманахом**. Передатчики, находящиеся на спутнике в непрерывном режиме на высокой частоте передают **навигационные сообщения**, содержащие эфемериды с метками времени и альманахом. Пользовательская аппаратура, принимая такое навигационное сообщение и опираясь на заложенный в памяти предыдущий альманах, максимально быстро и точно определяет собственные координаты, при необходимости выводя их на экран в виде стабильной информации.



Радионавигационные системы с использованием искусственных спутников Земли (ИСЗ)

Вычислив координаты спутника, зная точное расстояние от спутника до земли и эталонное время распространения радиосигнала, приёмная аппаратура сможет вычислить расстояние от спутника до пользовательского приёмника, а вычислив расстояние до нескольких спутников, можно будет определить своё местоположение.



Радионавигационные системы с использованием искусственных спутников Земли (ИСЗ)

