



Теоретические основы радионавигации

Радиомаячные системы посадки

Тема № 2.8. Радиомаячные системы посадки

Занятие 29. Принцип формирования зон действия РМС

Вид занятия: Лекция

- 1. Формирование зоны действия КРМ.**
- 2. Особенности формирования зоны действия ГРМ.**

Литература: Филимонов Н.П., Средства радиотехнического обеспечения полетов воздушных судов. Учеб. пособие. – Красноярск:ФГОУ СПО «КАТК ГА», 2009, с. 169-180.



Теоретические основы радионавигации

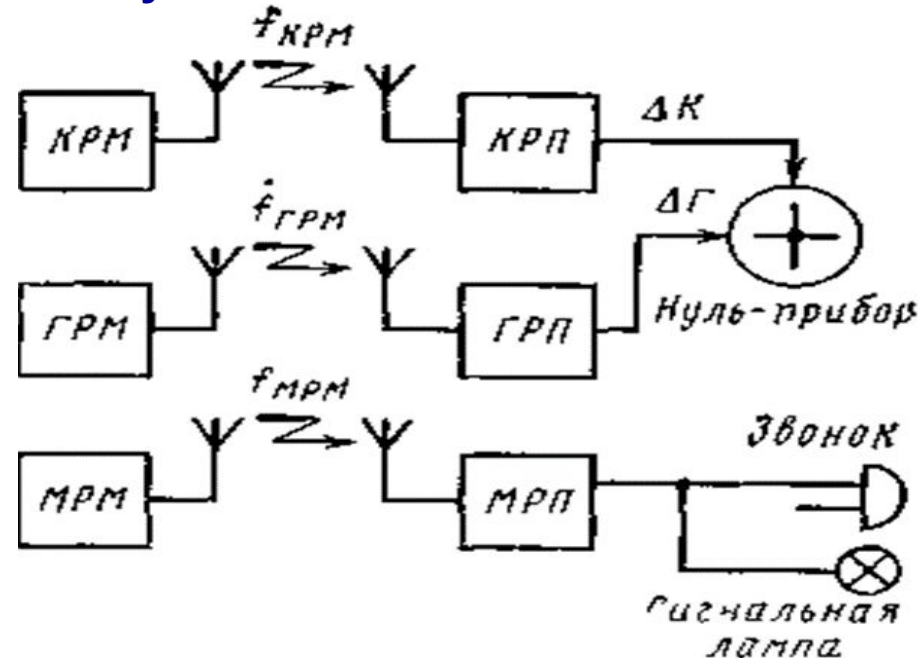
Радиомаячные системы посадки

Состав радиомаячной системы посадки ВС

Радиомаячные системы посадки (РМС) представляют собой единый комплекс наземных и бортовых радиотехнических устройств, предназначенный для осуществления захода самолета на посадку и его посадки.

РМС обеспечивает экипаж и систему управления полетом ВС непрерывной информацией о положении ВС относительно заданных курсового направления (канал курса) и глиссады (канал глиссады) и периодической информацией (в двух или трех точках) о расстоянии до начала ВПП (маркерный канал).

Информационный канал для измерения одного параметра состоит из наземного и бортового оборудования и среды распространения радиоволн между ними.

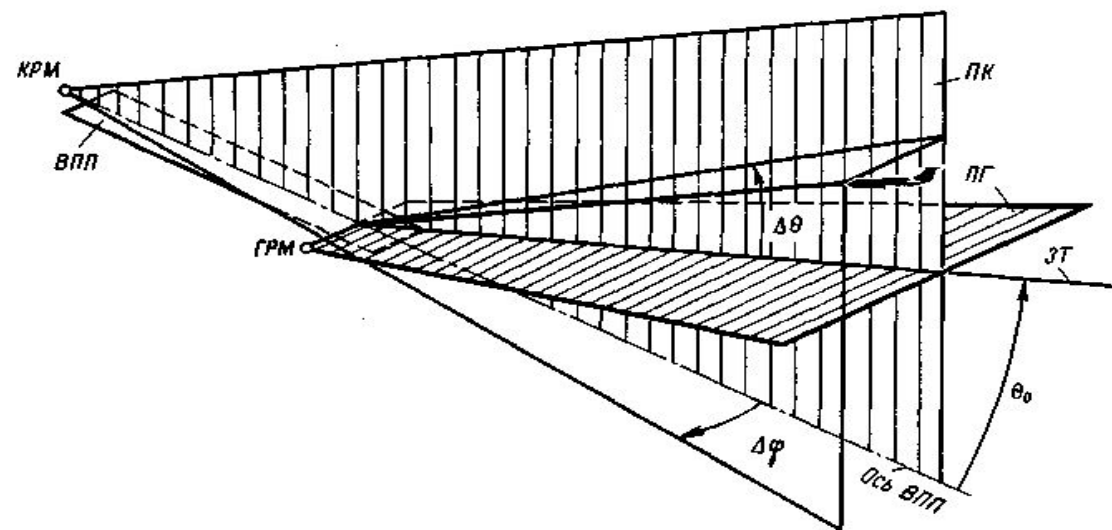


Наземная часть аппаратуры каналов курса, глиссады и маркерного канала для одного направления посадки состоит из курсового, глиссадного и двух (трех) маркерных радиомаяков.

Бортовая часть содержит соответствующие приёмники и индикаторные приборы курса, глиссады и точек размещения МРМ.

ПРИНЦИП ФОРМИРОВАНИЯ ЗОН ДЕЙСТВИЯ В РМС МД

Положение ВС относительно заданной траектории (ЗТ) снижения определяется угловыми отклонениями $\Delta\varphi$ и $\Delta\theta$ в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Угловые отклонения измеряются относительно плоскостей курса (ПК) и глиссады (ПГ), пересечение которых дает ЗТ. Плоскости ПК и ПГ задаются соответственно КРМ и ГРМ, первый из которых размещается за ВПП, а второй — вблизи точки приземления ВС.



Каналы курса и глиссады современных СП МД строятся на основе равно-сигнального метода определения угловых координат и его модификаций. Антенны РМ создают ДН, пересекающиеся в горизонтальной (КРМ) или в вертикальной (ГРМ) плоскости.

Образующиеся при пересечении ДН равносигнальные поверхности при малых угловых отклонениях от ЗТ могут быть аппроксимированы плоскостями курса и глиссады. Пересекающиеся в данной плоскости ДН отличаются частотой АМ излучаемого сигнала (90 или 150 Гц). При этом в пространстве формируется АМ поле, коэффициенты глубины модуляции которого зависят от угловых отклонений ВС от ЗТ (пространственная модуляция).



Для характеристики параметров зон излучения КРМ и ГРМ применяются следующие показатели:

коэффициент глубины пространственной модуляции M , выражаемого в процентах (для систем посадки типа СП-50);

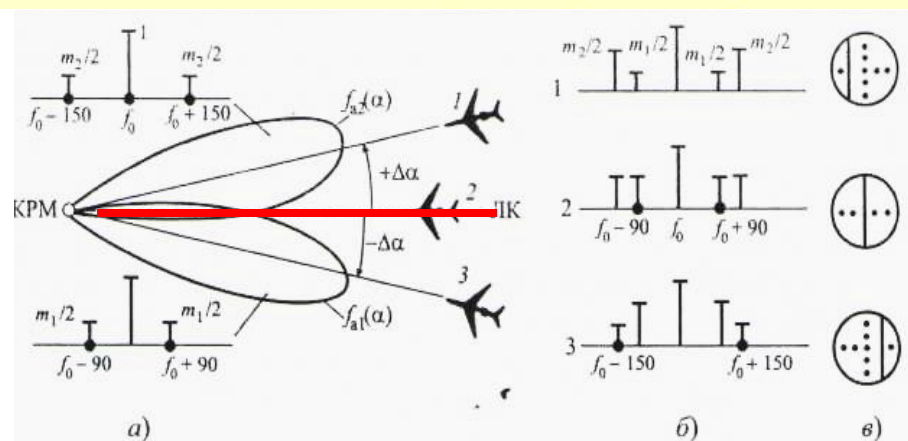
разность глубин модуляции (РГМ), выражаемой в процентах или соответствующей десятичной дробью (для систем посадки ILS, рекомендованных ICAO). Численно РГМ может быть выражена через напряжения частот модуляции на нагрузке амплитудного детектора U_1 и U_2 в точке приема, так как они пропорциональны соответствующим коэффициентам глубины пространственной модуляции:

$$\text{РГМ} = (U_1 - U_2) / (U_1 + U_2)$$

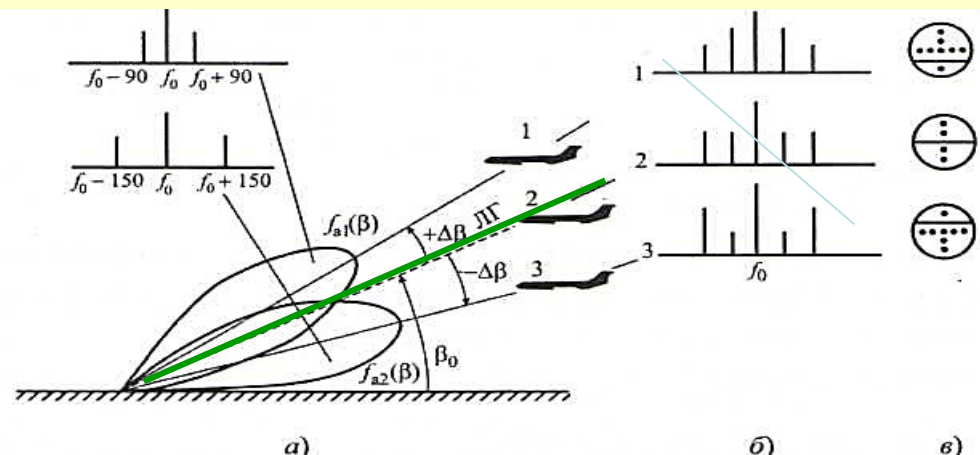
Коэффициент **M** используется для измерения параметров зон излучения отечественных КРМ 1 категории, работающих с одной частотой модуляции (**КРМ с «опорным напряжением»**), **РГМ** используется для измерения параметров зон излучения КРМ, имеющих две частоты модуляции, а также всех ГРМ, имеющих также две частоты модуляции.

РАВНОСИГНАЛЬНЫЕ КРМ И ГРМ С ИЗЛУЧЕНИЕМ АМПЛИТУДНО-МОДУЛИРОВАННЫХ КОЛЕБАНИЙ

Равносигнальный радиомаяк представляет собой наземное стационарное РНУ, антенная система которого формирует на одной несущей частоте две неподвижные пересекающиеся диаграммы направленности. Точка пересечения этих ДНА соответствует **равносигнальному направлению РСН**, с которого принимаются одинаковые по амплитуде сигналы. В равносигнальном КРМ РСН должно совпадать с **линией курса (ЛК)**, т.е. с осью ВПП. В канале глиссады РСН образуется в вертикальной плоскости и должно совпадать с **линией глиссады (ЛГ)**, расположенной под углом $\beta \sim 3^\circ$ (угол наклона глиссады) к горизонту.



Диаграммы направленности антенн и спектральный состав сигналов равносигнального КРМ (а), спектры принимаемых сигналов (б), положение указателей бортового индикатора (в)

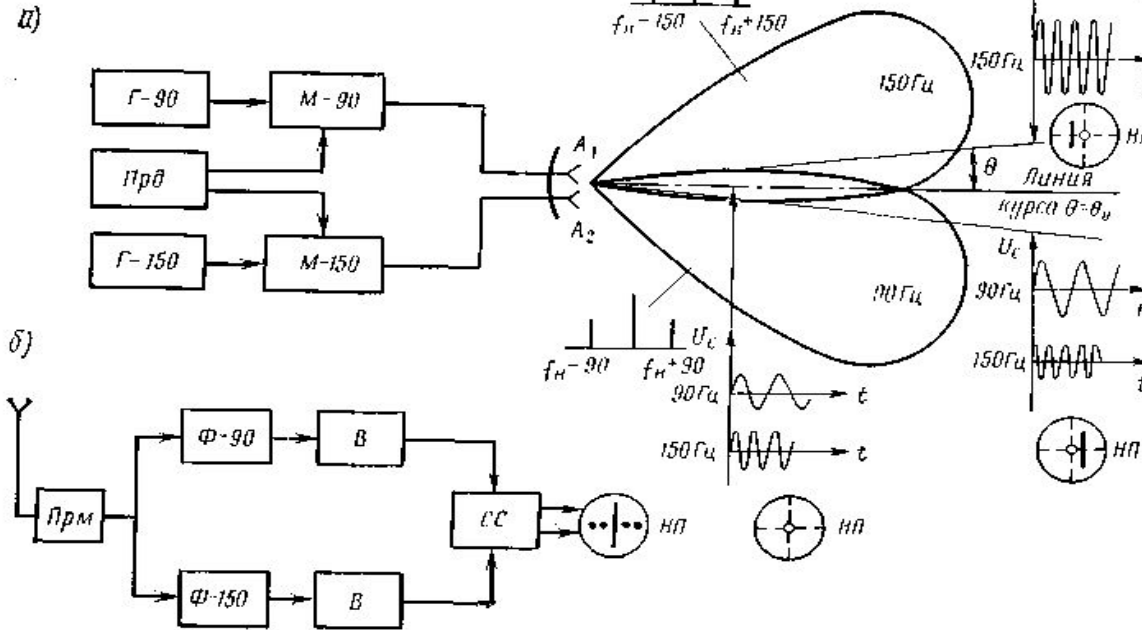


Диаграммы направленности антенн и спектральный состав сигналов равносигнального ГРМ (а), спектры принимаемых сигналов (б), положение указателей бортового индикатора (в)

Отклонение самолета от ЛК или ЛГ приводит к превышению амплитуды U_1 сигнала одной из ДНА над амплитудой U_2 сигнала другой ДНА. Сравнение этих амплитуд путем образования разности $\Delta U = U_2 - U_1$ дает информацию о величине и знаке отклонений $\Delta\alpha$ и $\Delta\beta$.



Радиомаячные системы посадки



Антенная система курсового радиомаяка КРМ состоит из двух симметрично разнесенных относительно заданного направления антенн A_1 и A_2 (см. рис. а), к которым подведены синфазные амплитудно-модулированные колебания передатчика с частотами модуляции (стандартные значения частот модуляции несущих колебаний курсовых и глиссадных радиомаяков: $F_1 = 90 \text{ Гц}$; $F_2 = 150 \text{ Гц}$).

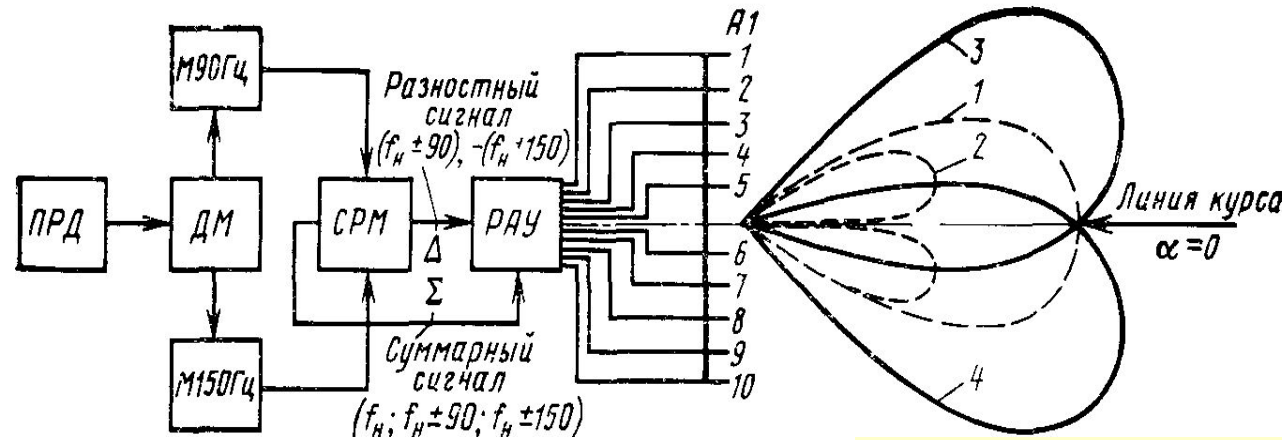
Бортовой приемоиндикатор (см. рис. б), состоящий из собственно приемника, устройств сравнения и индикации, принимает сигналы КРМ. После детектирования сигнала, выделенные напряжения частот ($F_1 = 90 \text{ Гц}$) и ($F_2 = 150 \text{ Гц}$) разделяются фильтрами и выпрямляются. В цепь разностного тока выпрямителей включена курсовая отклоняющая система стрелочного индикатора положения — прибора с нейтральным (средним) положением вертикальной стрелки-скобы (нуль-прибор НП). Величина отклонения стрелки индикатора положения самолета относительно линии курса Δ_K пропорциональна величине разности коэффициентов глубины пространственной модуляции (РГМ).



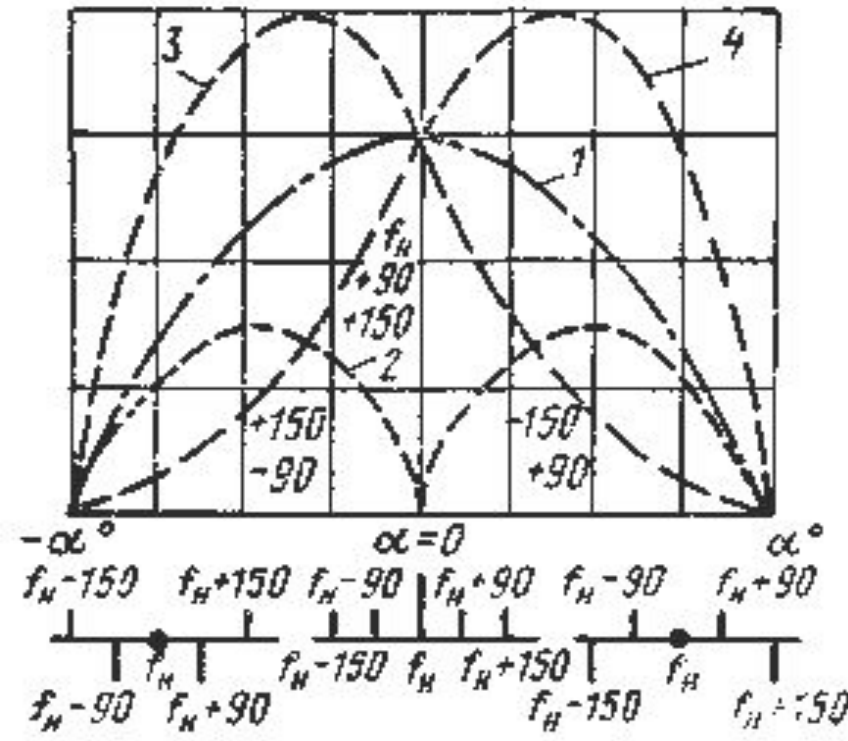
Теоретические основы радионавигации

Радиомаячные системы посадки

Принцип работы радиомаяка с опорным нулем



Колебания передатчика распределяются делителем мощности ДМ между двумя амплитудными модуляторами М90 и М150 Гц, имеющими одинаковые коэффициенты амплитудной модуляции $m_{90} = m_{150}$.



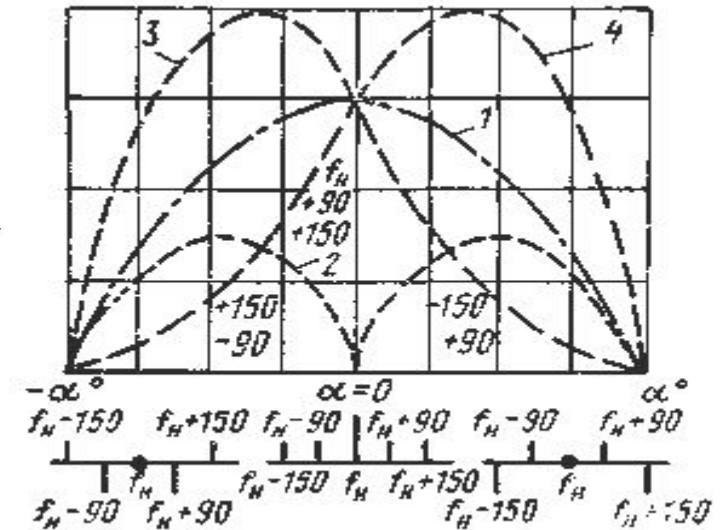
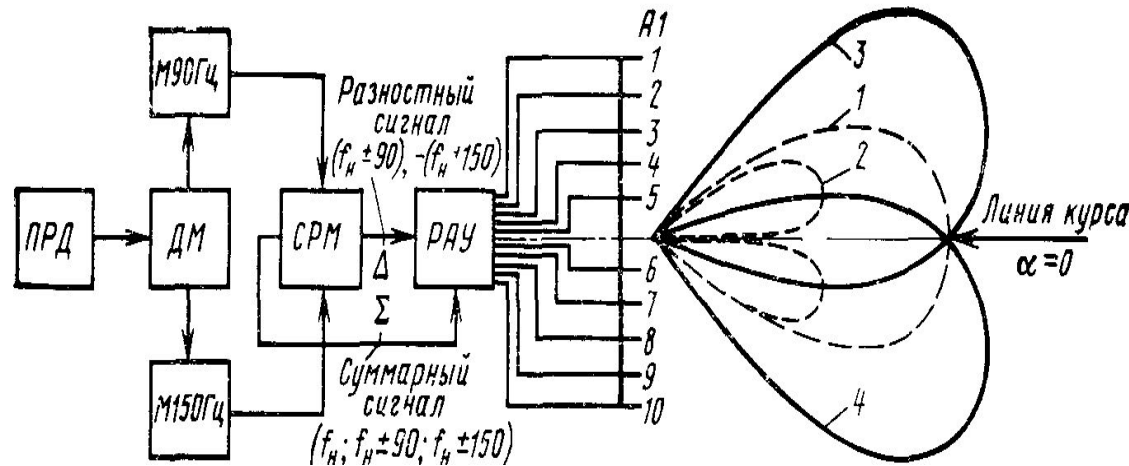
Амплитудно-модулированные с частотами 90 и 150 Гц колебания подаются на суммарно-разностный мост СРМ, имеющий два выхода: суммарного и разностного сигналов. Суммарный сигнал представляет собой сумму двух синфазных амплитудно-модулированных с частотами 90 и 150 Гц колебаний, имеющий в своем спектре колебания несущей частоты и две пары синфазных боковых частот модуляции (f_n , $f_n \pm 90$, $f_n \pm 150$). Такой сигнал называется сигналом несущей, т.к. содержит в спектре f_n , и обозначается символом Σ (рис. а,б).



Теоретические основы радионавигации

Радиомаячные системы посадки

Принцип работы радиомаяка с опорным нулем



Разностный сигнал (сигнал боковых частот) представляет собой разность двух амплитудно-модулированных с частотами 90 и 150 Гц колебаний, имеющий в своём спектре две пары противофазных боковых составляющих $(f_n \pm 90)$ и $-(f_n \pm 150)$. Синфазная составляющая $(f_n \pm 90)$ этого сигнала синфазна аналогичной составляющей спектра суммарного сигнала, а несущая частота подавлена. Разностный сигнал обозначается символом Δ . (рис. а,б).

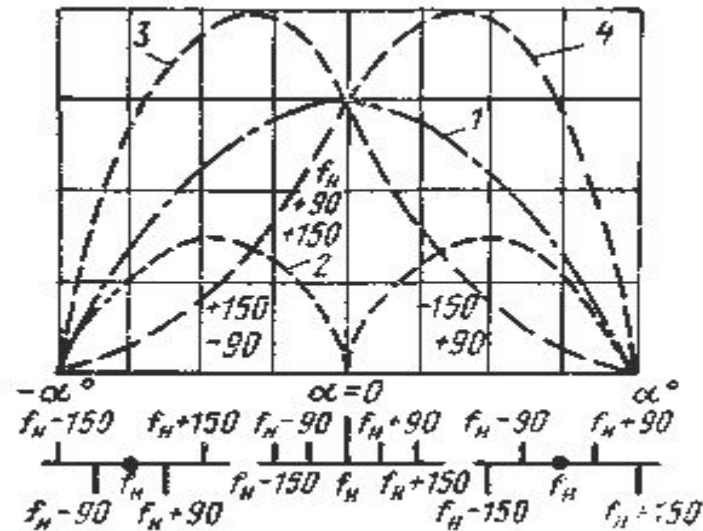
С выходов CPM колебания суммарного и разностного сигналов поступают на распределительное антенное устройство PDU, которое осуществляет запитку вибраторов антенной системы A1 суммарным и разностным сигналами в соответствии с требуемым амплитудно-фазовым распределением.



Теоретические основы радионавигации

Радиомаячные системы посадки

Принцип работы радиомаяка с опорным нулем



Суммарным сигналом синфазно запитываются все вибраторы антенны А1. Такая антенная система, как известно, формирует однолепестковую диаграмму направленности (без учета паразитных лепестков) с максимумом вдоль оси ВПП (рис. б). Разностным сигналом, т. е. боковыми частотами запитываются также все вибраторы, причем фазы токов вибраторов с обеих сторон оси ВПП противоположны.

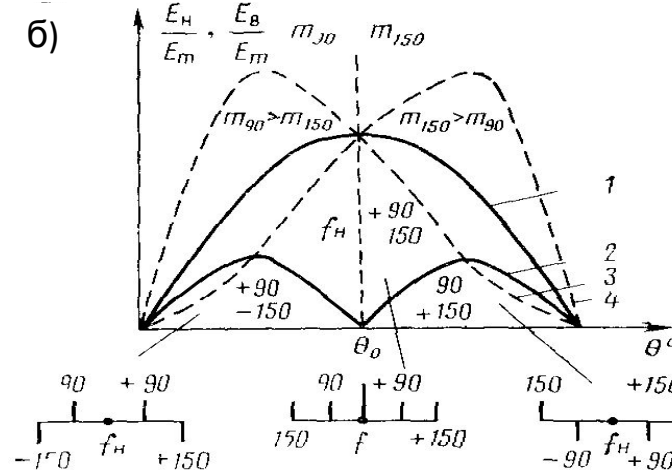
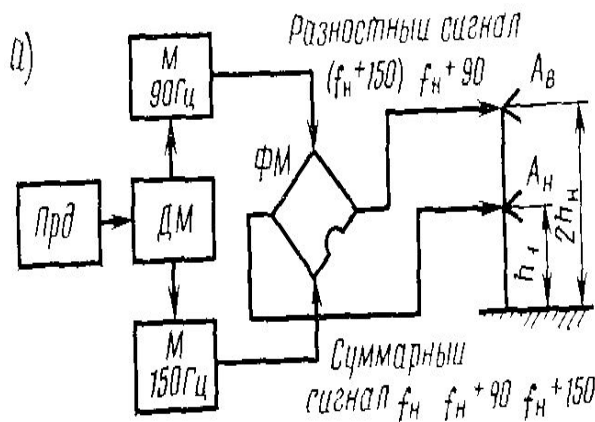
Между собой боковые составляющие с частотами модуляции 90 и 150 Гц также противофазны, т. е. слева от оси антенны вибраторы питаются колебаниями ($f_H \pm 150$), $-(f_H \pm 90)$, а справа наоборот. Такая система эквивалентна двум симметрично разнесенным противофазным вибраторам, она формирует двухлепестковую диаграмму направленности с минимумом вдоль оси ВПП.



Теоретические основы радионавигации

Радиомаячные системы посадки

Высокочастотные сигналы передатчика радиомаяка через делители мощности **ДМ** подаются на амплитудные модуляторы (с частотами модуляции 90 и 150 Гц) каждый из которых связан через фазирующий мост **ФМ** с обеими антеннами — верхней A_B и нижней A_H .

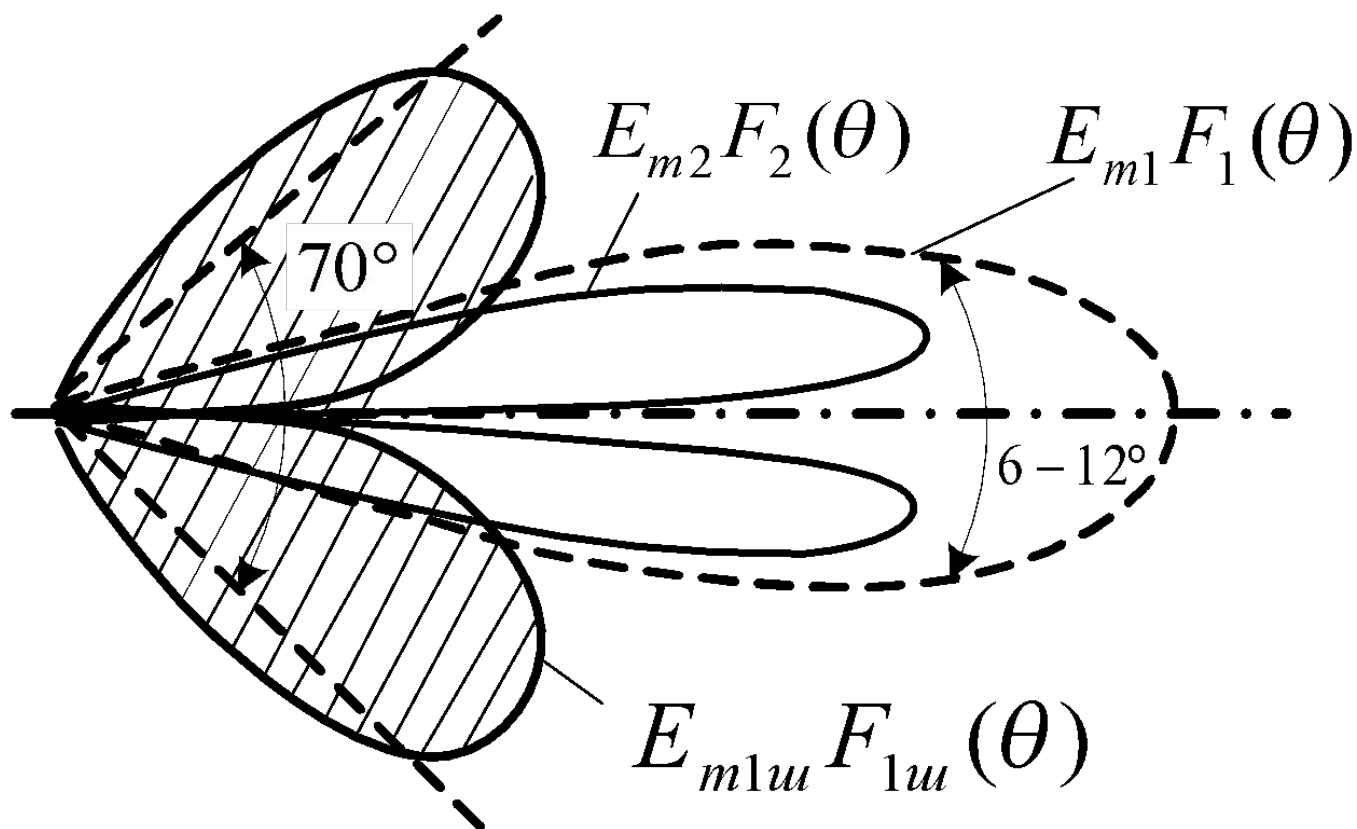


Высокочастотные сигналы передатчика радиомаяка через делители мощности **ДМ** подаются на амплитудные модуляторы (с частотами модуляции 90 и 150 Гц) каждый из которых связан через фазирующий мост **ФМ** с обеими антеннами — верхней A_B и нижней A_H . При этом фазирующий мост обеспечивает синфазное питание обеих антенн АМ колебаниями с частотой $f_M = 90$ Гц и противофазное питание антенн АМ колебаниями с частотой $f_M = 150$ Гц. В результате нижняя антенна питается суммарным АМ колебанием, спектр которого содержит несущую и две пары боковых частот ($f_H, f_H \pm 90, f_H \pm 150$).

Верхняя антенна питается балансно-модулированными колебаниями с боковыми составляющими ($f_H \pm 90$) и ($f_H \pm 150$). Причем одна пара боковых частот ($f_H \pm 90$) совпадает по фазе с аналогичными боковым частотами АМ колебания, питающего нижнюю антенну, а вторая пара боковых частот противофазна соответствующей паре частот колебаний антенны A_H .



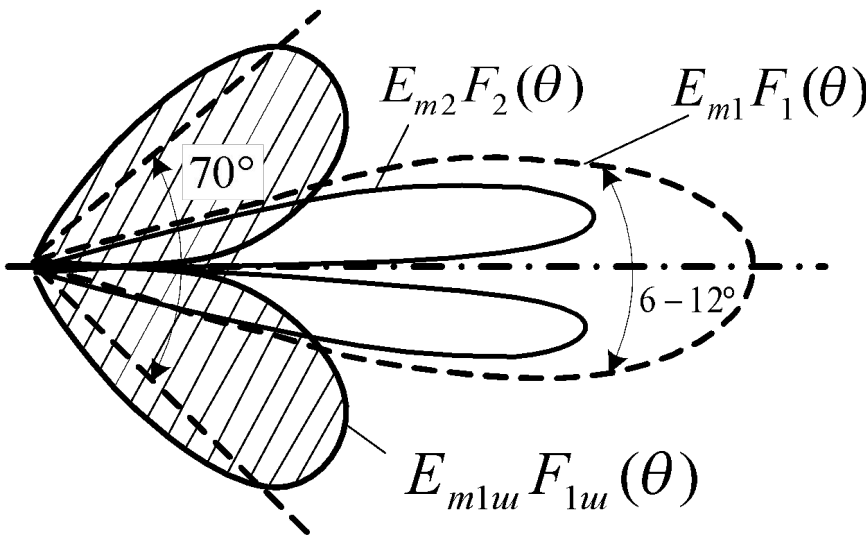
ДВУХКАНАЛЬНЫЕ РАДИОМАЯЧНЫЕ СИСТЕМЫ ПОСАДКИ



Рассмотрим идею двухканального принципа работы на примере КРМ. Двухканальный КРМ содержит два канала: узкий и широкий, в каждом из которых используется своя антенная система. Антенная система узкого канала формирует достаточно узкие ДНА шириной $6 - 12^\circ$ в горизонтальной плоскости (рис.). Антенная система широкого канала обеспечивает заданную ширину зоны действия ($\pm 35^\circ$).



ДВУХКАНАЛЬНЫЕ РАДИОМАЯЧНЫЕ СИСТЕМЫ ПОСАДКИ



Узкий канал образует практически прямолинейную курсовую линию, поскольку зона действия этого канала свободна от переотражающих предметов и неровностей земной поверхности. Этот канал используется для управления самолетами при небольших отклонениях от плоскости посадочного курса.

При больших отклонениях применяется широкий канал, который подвержен влиянию переотраженных сигналов, однако для зоны действия этого канала не предъявляются жесткие требования к точностным характеристикам в связи с большими отклонениями от плоскости посадочного курса. Для того чтобы уменьшить влияние сигналов широкого канала на работу узкого канала маяка, в зоне действия узкого канала предусматривается провал в ДНА широкого канала.



ДВУХКАНАЛЬНЫЕ РАДИОМАЯЧНЫЕ СИСТЕМЫ ПОСАДКИ

Оба канала маяка имеют одинаковый принцип работ, рассмотренный выше. На самолете сигналы узкого и широкого каналов должны использоваться отдельно, и с этой целью в широком канале либо применяется несущая частота, отличающаяся от несущей частоты узкого канала на 9 – 11 кГц, либо используется одинаковая с узким каналом несущая частота, но сигналы каналов имеют сдвиг по фазе на 90° .

В глиссадном радиомаяке для уменьшения искривлений глиссады компенсируется излучение под малыми углами места, а для получения информации о положении самолета в этой области используется дополнительный канал. С этой целью в двухканальном ГРМ, кроме двух антенн (нижней и верхней), применяется дополнительная третья антенна A_3 , расположенная на высоте, в 3 раза превышающей высоту подвеса нижней антенны (рис. 5.20).

В основном канале ГРМ используются антенны A_1 и A_2 , а в дополнительном – антенны A_1 и A_3 . Фазы и амплитуды токов питания антенн подбираются такими, чтобы уменьшить уровень поля под малыми углами к горизонту, что приводит к уменьшению сигналов, отраженных неровностями рельефа, и, следовательно, к уменьшению амплитуды искривлений глиссады.

КГС может служить только для прямых заходов, поскольку линия равной интенсивности маяков всего одна. В то же время, во многих аэропортах сложная местность требует более сложного захода на посадку.



**СЕРТИФИКАЦИОННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К РАЗМЕЩЕНИЮ ОБЪЕКТОВ
РАДИОТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЕТОВ
Радиомаячная система посадки (РМС)**

Отклонение самолета от ЛК или ЛГ приводит к превышению амплитуды U_1 сигнала одной из ДНА над амплитудой U_2 сигнала другой ДНА. Сравнение этих амплитуд путем образования разности $\Delta U = U_2 - U_1$ дает информацию о величине и знаке отклонений $\Delta\alpha$ и $\Delta\beta$.