**Лекція №6 Бортові радіопеленгатори.(Автоматичні радіокомпаси).**

**(2 години)**

І. Вступ

ІІ. Основна частина

1. Терміни та визначення. Методи пеленгування. Автоматичні радіокомпаси.

2. Призначення та принцип дії АРК. Автоматичний радіокомпас АРК-15

Основні параметри. Місце встановлення АРК-15.

ІІІ. Заключення

Література: №№1, 2, 3 стр.:

Бортовий радіопеленгатор АРК, це кутомірний радіонавігаційний пристрій, призначений для визначення пеленгу джерела радіосигналу. Воно є радіоприймальний пристрій, на вхід якого підключена антена, що володіє спрямованими властивостями (характеристиками). Повертаючи антену навколо вертикальної осі регіструючи на вході приймача рівень прийнятого від джерела сигналу можна визначити пеленг - кут горизонтальної площини між напрямком на джерело сигналу і опорним напрямком, що проходить через місце розташування антени. Як опорний напрямок вибирають напрямки меридіана (С-Ю), а відлік пеленгу проводиться в напрямку повороту годинникової стрілки.

Реєстрований на виході приймача рівень сигналу залежить від виду діаграми спрямованості антени в площині пеленгування.

Під діаграмою спрямованості (ДН) у горизонтальній площині розуміється залежність рівня сигналу на виході антени від кутового положення точкового джерела випромінювання. Визначення поняття ДН не змінюється і у разі нерухомого точкового джерела і переміщується в горизонтальній площині антени.

Конкретна форма ДН, як функція визначає метод амплитудного пеленгування точкового джерела сигналу.

В основу функціонування радіопеленгаторів закладено три основні методи пеленгування.

Метод максимуму – реалізується за допомогою ДН, що має один максимум прийому випромінювання в азимутальній площині.

Функціональна схема радіопеленгатора, що реалізує метод максимуму представлена ​​на рис.23

ІПР

Приймач

Указатель пеленга

Блок

керування

Ручка регулировки

Двігун

Індікатор

Направлення на радіостанцию

Нправлення максімума ДН





Мал.23

При відхиленні максимуму ДН від направлення на радіостанцію щодо зміни напрямку, що реєструється індикатором складе ,

де напруга на виході індикатора, що відповідає максимальному значенню; - Нормована ДН.

При повороті антени сигнал на виході змінюватиметься. При досягненні виробляється відлік ІПР за вказівником пеленгу. Поворот антени здійснюється за допомогою двигуна та блоку управління.

Метод мінімуму – реалізується з допомогою ДН, має різко виражений мінімум – реалізується з допомогою ДН, має різко виражений мінімум рис.24.

Указатель пеленга

Напрямок на радіостанцию

Напрямок максимума ДС

ІПР





Сu

Мал.24

При повороті антени, підключеної до приймача в останній момент , проводиться звіт ІПР.

Метод порівняння - реалізується за допомогою ДН, що має два пелюстки, що перетинаються рис.25. ДН цього виду можна реалізувати або з використанням двох антен, або за допомогою однієї, орієнтація якої з положення 1 положення 2, періодично змінюється.

.

Указатель пеленга

Направление на радиостанцию

Направление максимума ДН

ИПР





Сu

Равносигнальное направление

1

2

Мал.25

При повороті антени, підключеної до приймача в момент (коли рівні сигналів, що реєструються за першим та другим положенням, будуть однаковими) проводиться відлік пеленгу.

Якщо спостерігати зміни сигналу на виході приймача в довільні моменти часу при перемиканні однопелюсткової ДН з положення 1 в положення 2 із заданим періодом комутації Тk, то вони будуть мати вигляд, показаний на мал. 26.

1

2

2

2

1





Тk

Тk/2





Мал.26

З мал. 26 видно, що при довільному положенні ДН на вході приймача спостерігається амплітудно-модульований сигнал з частотою модуляції . Такий різновид методів порівняння носить назву методу мінімуму коефіцієнта глибини модуляції. При  , тобто низькочастотний сигнал з частотою модуляції спостерігається на виході приймача детектування звертається в нуль.

Поточне значення коефіцієнта глибини модуляції визначається виразом

 ,

де - кут між напрямком максимуму ДН та рівносигнальним напрямком; - похідна від ДН

у точці; - значення у точці максимуму;  - масштаб пеленгування.

Практична реалізація ДН антени з необхідними просторовими характеристиками залежить від діапазону робочих частот пеленгуючих джерел.

Бортові амплітудні пеленгатори (АРК), в основному, функціонують в діапазоні гектометрових хвиль (довгі та середні хвилі; = 100 ... 300кГц; = 1,4 ... 1,6МГц).

Тут застосовуються багатовіткові рамкові антени та їх комбінація з ненаправленою антени. При цьому геометричні розміри витка набагато менші за довжину хвилі сигналу.

Нормована ДН рамкової антени в площині пеленгування має вигляд «вісімки» рис.27.

****

**+**

**–**

****

****

θ

Мал.27

Сигнал на виході рамкової антени, що приймається від точкового джерела сигналу випромінюваного ненаправленою антеною має ряд особливостей.

Якщо джерело гармонійного сигналу знаходиться справа щодо напрямку мінімуму прийому, то фаза високочастотного сигналу на виході рамкової антени збігається з фазою джерела сигналу. Якщо джерело сигналу знаходиться зліва щодо напрямку мінімуму, то фаза високочастотного сигналу на виході рамки змінюється стрибкоподібно на 180°. На рис.27 права пелюстка маркована знаком “+”, т. к. , а лівий знаком “-”, т. к. °.

Вектор результуючої напруги на виході рамкової антени зрушений на 90° щодо вектора сигналу, випромінюваного точковим джерелом. У загальному випадку результуюча напруга на виході багатоговіткової рамкової антени, забезпеченої феромагнітним сердечником дорівнює

,

де - площа одного витка рамки,  - число витків, Е0 - напруженість поля в центрі рамки,  - Довжина робочої хвилі,

μ - магнітна проникність осердя.

Нормована ДН комбінованої антени є геометрична сума нормованих діаграм спрямованості рамкової та ненаправленої антен, і може бути записана у вигляді

,

де А = - Відношення амплітуд сигналів на виході рамкової і спрямованої ,  - Зсув фаз сигналів, що приймаються рамковою та ненаправленою антенами.

Розглянемо найпростіший приклад побудови результуючої ДН комбінованої антени при А=1 (див. мал.28).



θ

–

+

-1

1

2



Мал.28

Результуюча ДН зветься «кардіоїда». Вона має один мінімум та один максимум. При інших значеннях є відмінності форми кардіоїди.

Якщо ° то результуюча ДН має вигляд

,

що еквівалентно повороту кардіоїди на 180° щодо вертикальної осі (рис.6) на 180°.

Функціонування радіопеленгатора забезпечується за рахунок механічного обертання рамкової антени, що здійснюється ручним або електричним приводом. Це створює певні труднощі як при реалізації приводу, який не вносив би істотних похибок у вимірювану кутову координату, так і в розміщенні самої рамкової антени в корпусі літака.

В даний час широкого поширення набув гоніометричний метод обертання ДН рамкової антени. При реалізації цього методу використовується антена з двох взаємо перпендикулярних нерухомих рамкових антен і гоніометр. Гоніометр, це безконтактний індукційний перетворювач сигналу, що має дві взаємо перпендикулярні нерухомі польові котушки (1 і 2) і одну рухливу шукаючу котушку (ІЧ) (рис.29).

На польові (статорні) котушки надходить напруга





Амплітуди напруг магнітних полів котушок I та II:

, ,

де k - Коефіцієнт пропорційності.

ЕРС на виході роторної котушки (шукачової котушки)

 .

При вихідні напруги.

Таким чином, діаграма спрямованості гоніометричної антени має вигляд вісімки, зберігаючи при цьому всі особливості ДН рамкової антени. Перейдемо тепер до вивчення принципу дії автоматичного радіокомпасу.

Автоматичний радіокомпас (АРК) являє собою бортовий автоматичний амплітудний радіопеленгатор, призначений для вимірювання курсового кута.

радіостанції. (КУР)

КУР - кут в горизонтальній площині між проекцією подовжньої осі ЛА і направленням на приводну радіостанцію, що відраховується за годинниковою стрілкою.

Принцип дії АРК заснований на використанні методу мінімуму коефіцієнта глибини модуляції, методу порівняння амплітуд високочастотного сигналу, що приймається на пелюстка ДН, що перемикається, виду кардіоїди. При цьому інформація про сторону ухилення радіостанції від рівносигнального напрямку, відповідного мінімуму коефіцієнта глибини модуляції витягується з порівняння фаз низькочастотних сигналів (комутує та інформаційного на виході амплітудного детектора приймача).

#### Мал.29

90°

.

.

uk

I

II



z

y

x

Повздовжня вісь ВС



Ерот

Рамочная антенна

Гоніометр

Для опису роботи АРК скористаємося спрощеною функціональною схемою, представленою на рис.30.

Запишемо напругу на виходах рамкової та ненаправленої антен

; ,

де і  - коефіцієнти передачі ненаправленої та рамкової антен. Надалі вважаємо = 1.

Напруга з виходу рамкової антени подається на підсилювач з фазуючим контуром

 .

Приймач



Компен-

сатор радіо-девіации

ІПР

Підсілювач з фазирую-щим конту- ром

Комму-татор

фазы

Контур сл.

Ненаправленная антенна

Рамочная

антенна

у

Сu

х

Двигатель

Схема привода

Генератор опорної напруги

Схема керування ФД

(400Гц)

Указатель КУР

Мал.30

Підсилювач з фазуючим контуром з'єднаний з комутатором фази, який в першу і другу половини періоду комутування Тк дає на виході синфазні і протифазні високочастотні напруги

 .

Напруга з виходу комутатора фази складається з напругою на вході приймача у контурі складання

 ,

тобто. формується амплітудно-модульований сигнал з коефіцієнтом глибини амплітудної модуляції

;

З урахуванням комутації фази запишемо нормовані діаграми спрямованості у першій та другій статі періоди.





При m=1 нормована ДН буде кардіоїдою, а другий напівперіод нормована ДН буде також кардіоїдою, але перекинеться у просторі на 180º.

Цей перекид і забезпечить модуляцію вхідного сигналу приймача з частотою комутації, що визначається генератором опорної напруги (ГОН).

На виході приймача після детектування виділяється напруга частоти, що обгинає =1/Тк. . Ця напруга може збігатися фазою з опорним або бути з ним в протифазі. Це залежить від того, з якої сторони щодо рівносильного напрямку знаходиться радіостанція.

Результат порівняння цих сигналів по фазі на виході схеми управління має вигляд



де - Різниця фаз між НЧ сигналами приймача і ГОН.

Якщо  , то знак напруги позитивний.

Якщо  , то знак напруги негативний.

Схема приводу працює отже напрям обертання двигуна визначається полярністю  , а швидкість – величиною цього сигналу. При =0 ротор двигуна зупиняється, а ДН спрямованості рамкової антени встановлюється мінімумом на пеленгований напрямок.

На вісь рамки насаджений електромеханічний або механічний компенсатор радіодевіації, який забезпечує компенсацію кутової помилки визначення КУР, викликаних спотвореннями ДН рамкової антени.

Нині основним типом АРК, встановлюваним на важких і середніх літаках цивільної авіації є АРК-15. На малих літаках і вертольотах встановлюють малогабаритний АРК, що відрізняється меншою масою і споживаною енергією, але володіє гіршими технічними характеристиками.

На вході АРК-15 встановлено гоніометричну антену. Сама антена має дві основні рамки, намотані на феритовому стрижні перпендикулярно один до одного. Основний варіант рамкової антени має розміри 75×214×440мм і важить ≈2,5кг. Рамкова антена поміщена в екран, що має форму прямокутника і в поглибленні в обшивці фюзеляжу поблизу електричного центру ВС на відстані менше 1м від виступаючих частин конструкції ПС. Заглиблення закривається радіо-прозорою кришкою. Ненаправлена ​​антена може мати різну конструкцію залежно від типу НД. Антену встановлюють з відривом 1м від виступаючих частин ЗС.

Антенний узгоджувальний пристрій розташовується не більше 200мм від антенного введення. Довжина кабелю може досягати 20м. Інші блоки: модуль високої частоти МВЧ, модуль проміжної частоти МПЧ, модуль низької частоти МНЧ та синтезатор частот налаштування АРК СЧ, встановлені у відповідних вимогах електричної безпеки та електромагнітної сумісності, металевих корпусах на амортизаційних рамках.

Пульт управління АРК розташовується на дошці пілота і штурмана.

На важких літаках ГА є два комплекти АРК, за допомогою яких можна визначити місцезнаходження ВС на площині.

Основні технічні характеристики АРК-15 мають такі значення:

Діапазон робочих частот, кГц 150…1800

Дальність дії, км, при роботі з приводною

радіостанцією ПАР-3Б на висотах польоту: 1000м 180

10000м 340

Похибка визначення КУР (2) при напрузі

Поля 1..20мВт/м, градус 2

Гранична чутливість по пеленгу мкв/м 50

Гранична чутливість щодо мкв/м 25

Чутливість приймача під час роботи від ненаправленої

антени щодо сигнал/шум 6дБ на частотах:

157 ... 200кГц 8

200 ... 1800кГц 5

Час перебудови частоти, с 4

Швидкість обробки КУР, % 30

Потужність від мережі

36В, 400Гц, В.А 36

27В постійного струму, Вт 54

Маса основного варіанту, кГц 15

Об'єм блоку приймача, дм3 11,6

З амортизаційною рамою 15,2

Середній ресурс до першого капітального ремонту, год 3000

Нормальні умови експлуатації:

температура,°З рамкової антени –60…+140

блоків АРК -60 ... +60

Вологість відносна при 40°С, % 98