

УДК 004.9

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ФАЗОВЫХ АВТОМАТИЧЕСКИХ
РАДИОПЕЛЕНГАТОРОВ ПРИ НЕИСПРАВНЫХ ВИБРАТОРАХ КОЛЬЦЕВОЙ
АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ**

Казибеков Р.Б., студент

*Россия, 367015, Республика Дагестан, г. Махачкала, Дагестанский государственный
технический университет,*

кафедра «Управление, и информатика в технических системах»

Научный руководитель: Асланов Г.К., д.т.н., профессор

*Россия, 367015, Республика Дагестан, г. Махачкала
Дагестанский государственный технический университет*

uits@dstu.ru

Автоматические радиопеленгаторы (АРП) должны обладать высокой надежностью. В соответствии с нормами годности к эксплуатации аэродромного радиотехнического оборудования, АРП должны иметь наработку на отказ одного канала пеленгования в 2000 часов. В тоже время, только канальный радиоприемник имеет наработку на отказ 700 часов. Поэтому обеспечение надежности АРП имеет большое значение.

В составе современных АРП для обработки информации применяются микропроцессорные устройства, что позволяет применять методы обработки информации и повышения надежности, которые ранее невозможно было применять.

Антенная система (АС) доплеровского АРП в простейшем случае представляет собой один вибратор A , вращается с угловой скоростью Ω по окружности радиусом R .

Текущая фаза принятого сигнала приобретает составляющую, описываемую выражением

$$\varphi(t) = (2\pi R / \lambda) \cos\beta \sin(\Omega t - \theta)$$

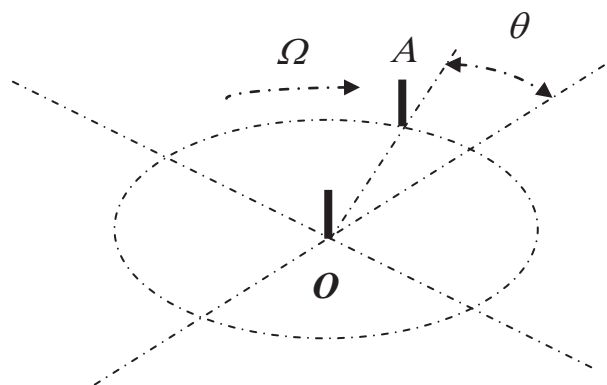


Рис. 1. К принципу работы доплеровских АРП

где λ – длина волны пеленгуемого сигнала.

β – угол места на источник излучения;

θ – пеленг на источник излучения;

λ – длина волны пеленгуемого сигнала;

Выделяя закон фазовой модуляции с помощью фазового детектора и, производя фазовое детектирование сигнала частоты Ω выделяется значение азимута на источник сигнала.

В настоящее время механическое сканирование практически не применяется. Фазовые УКВ АРП используют электрическое переключение вибраторов кольцевой решетки, создавал эффект вращения одного вибратора. По аналогии с доплеровскими АРП, данные радиопеленгаторы получили название квазидоплеровских.

Закон изменения фазы квазидоплеровского АРП описывается выражением:

$$\varphi = \frac{2\pi R}{\lambda} \cos \beta \cos \left[\frac{2\pi(i-1)}{N} - \theta \right] + D_i$$

где i – номер временного интервала, в течение которого коммутируется i -й элемент антенной системы,

N – количество элементов антенной системы.

D_i – значение шумовой составляющей фазы, вызываемой наличием эфирного шума, многолучевым распространением и т. д.

Из практики эксплуатации известно, что АРП. в основном, выходит из строя в связи с неисправностью вибратора АС.

В настоящее время в аэропортах устанавливают два комплекта радиопеленгаторов АРП-75 (при выходе из строя одного, включается второй).

Известен метод программного замещения сигнала с неисправного вибратора. При этом исходят из того, что фаза i вибратора может быть вычислена по фазе вибратора, противоположно расположенного ему по формуле:

$$\varphi_i = 360^\circ - \varphi_{i+\frac{N}{2}}$$

Этот метод не обеспечивают работоспособность АРП при выходе из строя любых двух и более противоположно расположенных вибраторов АС.

Рассмотрим метод обработки пеленгационной информации АРП при (теоретически) любых трех и более исправных вибраторах АС.

Пусть из N вибраторов работоспособными являются вибраторы под номерами l, m, n , для которых измеренные относительно центрального вибратора фазы соответственно равны:

$$\begin{cases} \frac{2\pi R}{\lambda} \cos \beta \cos \left[\frac{2\pi(l-1)}{N} - \theta \right] = a \\ \frac{2\pi R}{\lambda} \cos \beta \cos \left[\frac{2\pi(m-1)}{N} - \theta \right] = b \\ \frac{2\pi R}{\lambda} \cos \beta \cos \left[\frac{2\pi(n-1)}{N} - \theta \right] = c \end{cases}, \quad (1)$$

Но в связи с тем, что в АРП фазы измеряются с неоднозначностью, то фаза может принять любые значения, кратные 360° .

На рисунке 2 приведен пример возникновения фазовой неоднозначности для 16 вибраторной антенной системы с радиусом 1,6 метра, пеленгующего сигнал на частоте 400 МГц, при использовании фазового детектора с линейной характеристикой в диапазоне $0 \div 360^\circ$. Кривая 1 соответствует действительному изменению разностей фаз между кольцевым и центральным вибраторами антенной системы при непрерывном вращении вибратора (девиация фазы $4,27\pi$).

Кривая 2 соответствует возникновению фазовой неоднозначности на выходе фазового детектора при непрерывном вращении антенны. Ступенчатая кривая 3 соответствует возникновению фазовой неоднозначности при дискретном переключении вибраторов.

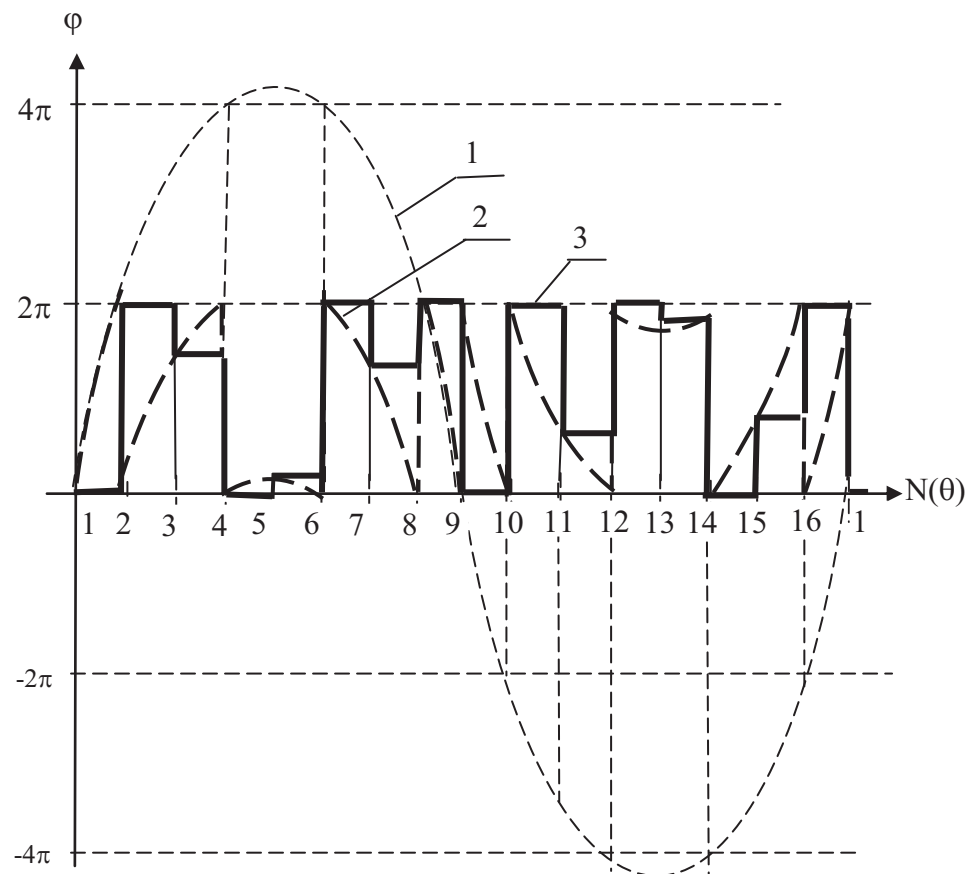


Рис. 2. К работе фазового детектора АРП

Тогда уравнения (1) могут быть записаны в виде

$$\begin{cases} \frac{2\pi R}{\lambda} \cos \beta \cos \left(\frac{2\pi(l-1)}{N} - \theta \right) = a + 2k\pi \\ \frac{2\pi R}{\lambda} \cos \beta \cos \left(\frac{2\pi(m-1)}{N} - \theta \right) = b + 2k\pi, \\ \frac{2\pi R}{\lambda} \cos \beta \cos \left(\frac{2\pi(n-1)}{N} - \theta \right) = c + 2k\pi \end{cases} \quad (2)$$

Причем,

$$k \in Z[-(k+1); k], \quad k = \left[\frac{2\pi R}{\lambda} \right].$$

При $R=1,6$ м., $f=400$ МГц в уравнении (2) фазы могут принять значения

$$\varphi - 6\pi, \quad \varphi - 4\pi, \quad \varphi - 2\pi, \quad \varphi, \quad \varphi + 2\pi, \quad \varphi + 4\pi$$

Таким образом, вместо каждого уравнения системы (1) имеем 6 уравнений.

В системе уравнений (2) два неизвестных θ и β , которые могут быть найдены решением двух из трех уравнений системы. В связи с тем, что каждое уравнение системы имеет 6 вариантов в правой части, то вместо двух уравнений необходимо решать 36 систем двух уравнений, решением которых будут 36 пар корней θ и β .

Возьмем для примера первые два уравнения из трех:

$$\begin{cases} \frac{2\pi R}{\lambda} \cos \beta \cos \left(\frac{2\pi(l-1)}{N} - \theta \right) = a \\ \frac{2\pi R}{\lambda} \cos \beta \cos \left(\frac{2\pi(m-1)}{N} - \theta \right) = b \end{cases}.$$

Найдем из второго уравнения $\cos \beta$ и подставим в первое:

$$\cos \beta = \frac{b\lambda}{2\pi R \cos \left(\frac{2\pi(l-1)}{N} - \theta \right)};$$

$$\frac{2\pi R \cdot b\lambda \cos \left(\frac{2\pi(l-1)}{N} - \theta \right)}{\lambda \cdot 2\pi R \cos \left(\frac{2\pi(m-1)}{N} - \theta \right)} = a,$$

откуда получим

$$\beta \cos \left(\frac{2\pi(l-1)}{N} - \theta \right) = a \cos \left(\frac{2\pi(m-1)}{N} - \theta \right), \quad (3)$$

Путем преобразований из (3) получим

$$\theta = \arctg \frac{b \cos \frac{2\pi(l-1)}{N} - a \cos \frac{2\pi(m-1)}{N}}{a \sin \frac{2\pi(m-1)}{N} - b \sin \frac{2\pi(l-1)}{N}},$$

$$\cos \beta = \frac{b\lambda}{2\pi R \cos\left(\frac{2\pi(m-1)}{N} - \theta\right)},$$

$$\cos \beta = \frac{a\lambda}{2\pi R \cos\left(\frac{2\pi(l-1)}{N} - \theta\right)},$$

Подставляя вместо a и b все возможные комбинации

$$a + 2k\pi, \quad b + 2k\pi, \quad k \in Z[-(k+1), k], \quad k = \left\lceil \frac{2\pi R}{\lambda} \right\rceil,$$

получим 36 значений пеленга и соответствующие им 36 значений $\cos \beta$. Исключим из рассмотрения пеленги для которых абсолютные значения $\cos \beta$ будут превышать значения $1 + \Delta$. При этом Δ выбирается из учета допустимых помех, при которых должен работать АРП.

Решая вторые 36 систем двух уравнений, найдем еще 36 пар корней, из которых только одна пара будет близка по значению одной паре первой системы уравнений. В случае появления более двух пар близких друг другу пар корней дальнейшая селекция должна быть выполнена исходя из обеспечения выполнения условия

$$\varphi_i = \frac{2\pi R}{\lambda} \cos \beta \cos\left(\frac{2\pi(i-1)}{N} - \theta\right)$$

т.е. вычисленные фазы должны удовлетворять условию равномерного размещения вибраторов в круговой АР.

При наличии большего, чем 3 количества исправных вибраторов пеленг может быть вычислен по традиционной методике, после замены в массиве фаз неисправных вибраторов на расчетные.

Таким образом, показана возможность обеспечения работоспособности АРП при минимум трех исправных вибраторах антенной системы.

Список литературы

1. Саидов А.С., Тагилаев А.Р., Алиев Н.М., Асланов Г.К. Проектирование фазовых автоматических радиопеленгаторов. М, "Радио и связь", 1997 г.
2. Кукес И.С, Старик М.Е. Основы радиопеленгации. М., "Сов. радио", 1964г.
3. Вартанесян В.А., Гойхман Э.Ш., Рогаткин М.И., Радиопеленгация, М., 1966.