

## ОБОБЩЕННОЕ УРАВНЕНИЕ ПЕЛЕНГАЦИОННОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ СУММАРНО-РАЗНОСТНЫХ МОНОИМПУЛЬСНЫХ РАДИОПЕЛЕНГАТОРОВ

Показано, что пеленгационные характеристики фазового и амплитудного суммарно-разностных радиопеленгаторов в окрестности равнофазного (равносигнального) направления могут быть описаны одним уравнением. Использование обобщенного уравнения пеленгационной характеристики суммарно-разностных радиопеленгаторов позволяет упростить сравнительный анализ радиопеленгаторов разных типов

**радиопеленгатор, обобщенное уравнение, пеленгационная характеристика, суммарно-разностные радиопеленгаторы, равнофазное направление, моноимпульсный радиопеленгатор**

### 1. Постановка задачи

Известно [1, 2], что уравнение пеленгационной характеристики (ПХ) фазового суммарно-разностного моноимпульсного радиопеленгатора в окрестности равнофазного направления (РФН) при использовании остронаправленных антенн имеет вид

$$S_{\phi}(\theta) = \operatorname{tg}\left(\frac{\pi d_{\phi} \theta}{\lambda}\right), \quad (1)$$

где  $d_{\phi}$  – линейная база фазовых центров антенн 1 и 2 (рис. 1);

$\theta$  – угол относительно РФН радиопеленгатора;

$\lambda$  – длина электромагнитной волны.

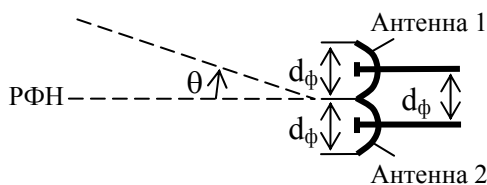


Рис. 1. Соотношение между размером апертуры антенн и базой фазовых центров антенн фазового суммарно-разностного моноимпульсного радиопеленгатора

Формула (1) позволяет оценивать значение

сигнала ошибки на выходе радиопеленгатора в зависимости от угла рассогласования направления на цель  $\theta$  относительно РФН. Параметром формулы является отношение линейной базы фазовых центров антенн  $d_{\phi}$  к длине электромагнитной волны радиосигнала  $\lambda$ .

Уравнение ПХ амплитудного суммарно-разностного моноимпульсного радиопеленгатора в окрестности равносигнального направления (РСН) имеет вид [2]

$$S_a(\theta) = \mu \theta, \quad (2)$$

где  $\mu$  – крутизна ПХ на РСН радиопеленгатора;

$\theta$  – угол относительно РСН радиопеленгатора.

Величина  $\mu$  определяется уравнением [2]

$$\mu = \frac{d}{d\theta} \left| \frac{F_1(\theta) - F_2(\theta)}{F_1(\theta) + F_2(\theta)} \right|_{\theta=0}, \quad (3)$$

где  $F_1(\theta)$ ,  $F_2(\theta)$  – амплитудные диаграммы направленности (ДН) (рис. 2) антенн радиопеленгатора.

Уравнение ПХ амплитудного суммарно-

разностного радиопеленгатора (2) отличается от

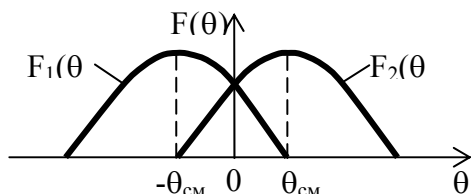


Рис. 2. Главные лепестки амплитудных ДН антенн амплитудного суммарно-разностного моноимпульсного радиопеленгатора:  $\theta_{см}$  – угол смещения ДН  $F_1(\theta)$  и  $F_2(\theta)$  относительно РСН

уравнения ПХ фазового суммарно-разностного радиопеленгатора (1). Поэтому анализ работы этих радиопеленгаторов при измерении угловых координат цели проводят с использованием разных методик.

Предлагаемое обобщенное уравнение ПХ суммарно-разностного радиопеленгатора позволяет проводить исследование этих радиопеленгаторов с использованием единой методики, что существенно упрощает их сравнительный анализ.

*Цель публикации* – вывод обобщенного уравнения ПХ суммарно-разностного моноимпульсного радиопеленгатора в окрестности равносигнального (равнофазного) направления.

## 2. Вывод обобщенного уравнения пеленгационной характеристики суммарно-разностных моноимпульсных радиопеленгаторов в окрестности равносигнального (равнофазного) направления

Принимаемые антеннами амплитудного суммарно-разностного моноимпульсного радиопеленгатора сигналы подаются на суммарно-разностное устройство [1, 2]. Для входных сигналов амплитудного суммарно-разностного радиопеленгатора

$$u_1(t, \theta) = U \cdot F_1(\theta) \cdot \cos(\omega_0 t); \quad (4)$$

$$u_2(t, \theta) = U \cdot F_2(\theta) \cdot \cos(\omega_0 t), \quad (5)$$

где  $U$  – амплитуда сигнала, принимаемого максимумом амплитудной ДН антенны;  $\omega_0$  – несущая частота радиосигнала, сигналы на выходах суммарного и разностного устройств равны

$$u_c(t, \theta) = \frac{\sqrt{2}}{2} U \cdot F_c(\theta) \cdot \cos(\omega_0 t); \quad (6)$$

$$u_p(t, \theta) = \frac{\sqrt{2}}{2} U \cdot F_p(\theta) \cdot \cos(\omega_0 t), \quad (7)$$

где  $F_c(\theta) = F_1(\theta) + F_2(\theta)$  и  $F_p(\theta) = F_1(\theta) - F_2(\theta)$  – суммарная и разностная амплитудная ДН антенной системы радиопеленгатора.

Главные лепестки амплитудных ДН антенн в окрестности РСН радиопеленгатора в плоскости пеленгации (рис. 2) можно аппроксимировать функциями вида [3]

$$F_1(\theta) = \cos[k_{дн} \cdot (\theta_{см} - \theta)]; \quad (8)$$

$$F_2(\theta) = \cos[k_{дн} \cdot (-\theta_{см} - \theta)], \quad (9)$$

где  $k_{дн}$  – множитель, характеризующий направленные свойства антенны в плоскости пеленгации.

Величину  $k_{дн}$  можно определить по формуле

$$k_{дн} = \frac{\pi}{2\Delta\theta_{0,5P}}, \quad (10)$$

где  $\Delta\theta_{0,5P}$  – ширина амплитудной ДН антенны по половинному уровню мощности.

Величина  $\theta_{см}$  (рис. 2) определяется равенством [2]

$$\theta_{см} = \frac{\Delta\theta_{0,5P}}{2}. \quad (11)$$

Подставляя (10) в (8) и (9) с учетом (11), имеем

$$F_1(\theta) = \cos\left(\frac{\pi}{4} - \theta_{об}\right); \quad (12)$$

$$F_2(\theta) = \sin\left(\frac{\pi}{4} - \theta_{об}\right), \quad (13)$$

где  $\theta_{об} = k_{дн} \theta$  – обобщенный угол пеленга относительно РСН радиопеленгатора.

Суммарная и разностная ДН антенной системы радиопеленгатора равны

$$F_c(\theta) = \sqrt{2} \cos(\theta_{об}); \quad (14)$$

$$F_p(\theta) = \sqrt{2} \sin(\theta_{об}). \quad (15)$$

Подставляя (14) и (15) соответственно в (6) и (7), получим сигналы суммарного и разностного каналов промежуточной частоты на входах фазового детектора:

$$u_{сnp}(t, \theta) = KU \cos(\theta_{об}) \cos(\omega_{пр}t + \varphi_{0пр}); \quad (16)$$

$$u_{рnp}(t, \theta) = KU \sin(\theta_{об}) \cos(\omega_{пр}t + \varphi_{0пр}), \quad (17)$$

где  $K$  – коэффициент усиления приемного устройства;  $\omega_{пр}$  – промежуточная частота сигнала;  $\varphi_{0пр}$  – начальная фаза сигнала на выходах приемного устройства.

Сигнал на выходе фазового детектора радио-

пеленгатора после фильтрации низкочастотной составляющей с учетом работы системы автоматической регулировки усиления приемного устройства (уравнение ПХ амплитудного суммарно-разностного радиопеленгатора) описывается выражением

$$S_a(\theta) = \frac{u_{сnp}(t, \theta)u_{рnp}(t, \theta)}{[u_{сnp}(t, \theta)]^2} = \operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{2\Delta\theta_{0,5P}}\theta\right). \quad (18)$$

Учитывая, что [1]

$$\Delta\theta_{0,5P} = \frac{\lambda}{d_a}, \quad (19)$$

где  $d_a$  – размер апертуры антенны в плоскости пеленгации, получим

$$S_a(\theta) = \operatorname{tg}\left(\frac{\pi d_a}{2\lambda}\theta\right). \quad (20)$$

Идентичность уравнений (1) и (20) для  $d_a = 2d_\phi$  позволяет сделать вывод о том, что при использовании антенн с одинаковой апертурой, формирующих соответствующие методу пеленгации амплитудные и фазовые ДН, и использовании аналогичных приемных устройств, отличающихся только наличием в суммарном или разностном канале фазового суммарно-разностного радиопеленгатора фазовращателя на  $\frac{\pi}{2}$ , уравнение ПХ амплитудного суммарно-разностного радиопеленгатора (18) аналогично уравнению ПХ фазового суммарно-разностного радиопеленгатора (1).

Сравнивая (1) и (18), обобщенное уравнение ПХ суммарно-разностных моноимпульсных ра-

диопеленгаторов в окрестности РФН (РСН) можно записать в виде

$$S(\theta) = \operatorname{tg}(\mu_0 \theta), \quad (21)$$

где  $\mu_0$  – крутизна ПХ на РФН (РСН) радиопеленгатора.

Из (1), (18) – (21) для фазового суммарно-разностного радиопеленгатора величина  $\mu_0$  равна

$$\mu_0 = \frac{\pi d_\phi}{\lambda}, \quad (22)$$

для амплитудного суммарно-разностного радиопеленгатора :

$$\mu_0 = \frac{\pi d_a}{2\lambda}. \quad (23)$$

Общность уравнений ПХ для суммарно-разностных моноимпульсных радиопеленгаторов подтверждается известными фактами, например равенством потенциальной точности измерения угловых координат цели обоими рассматриваемыми типами радиопеленгаторов [1], близостью параметров их экспериментальных ПХ, подобием искажений ПХ при измерении угловой координаты цели в широком диапазоне условий.

Это позволяет результаты, полученные для одного из рассматриваемых типов моноимпульсных радиопеленгаторов, распространять на другой тип радиопеленгатора с учетом особенностей

его конструктивного исполнения.

## Выводы

Пеленгационная характеристика фазового суммарно-разностного радиопеленгатора и ПХ амплитудного суммарно-разностного радиопеленгатора в окрестности РФН (РСН) могут описаны обобщенным уравнением ПХ суммарно-разностных радиопеленгаторов (21).

Использование обобщенного уравнения для описания ПХ фазового суммарно-разностного радиопеленгатора и для описания ПХ амплитудного суммарно-разностного радиопеленгатора позволяет проводить исследование этих радиопеленгаторов по единой методике, что существенно упрощает их сравнительный анализ.

## Литература

1. Теоретические основы радиолокации / Под ред. Я.Д. Ширмана. Учебное пособие для вузов. – М.: Сов. радио, 1970. – 560 с.
2. Леонов А.И., Фомичев К.И. Моноимпульсная радиолокация. – М.: Сов. радио, 1970. – 392 с.
3. Бартон Д. и Вард Г. Справочник по радиолокационным измерениям. Пер. с англ. под ред. М.М. Вейсмана. – М.: Сов. радио, 1976. – 392 с.

*Поступила в редакцию 17.10.03*

**Рецензент:** д-р техн. наук, профессор Бутакова С.В., Харьковский институт Военно-Воздушных Сил им. Ивана Кожедуба, г. Харьков