

ЧАСТОТНО-ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ЭКВИВАЛЕНТНОСТЬ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ХАРАКТЕРИСТИК НАПРАВЛЕННОСТИ В БЛИЖНЕМ ПОЛЕ АНТЕНН

Е. Д. Пигулевский

Традиционная схема измерения направленных свойств антенн по их дальнему полю требует в случае больших волновых размеров акустических антенн использования бассейнов с большими свободными объемами, а в морских условиях связана с необходимостью осуществления жесткой связи испытываемой антенны и удаленного от нее на значительное расстояние измерительного гидрофона. Поэтому при исследовании акустических антенн особенно актуальны методы измерения, основанные на регистрации амплитудно-фазовых распределений (АФР) поля в непосредственной близости от антенны с последующим преобразованием АФР ближнего поля в характеристику направленности

В акустике такие измерения осуществляются наиболее просто при сканировании АФР ближнего поля по плоскости, параллельной раскрытию антенны, так как при этом достаточно измерять только скалярный потенциал поля и отпадает необходимость в измерении градиента потенциала. Однако при реализации такого пути приходится использовать сканирующие устройства высокой точности с размерами, в 1,5–2 раза превышающими размер антенны. Эти устройства громоздки, неудобны в эксплуатации, а в некоторых условиях технически неприемлемы.

Между тем, в антенной технике широко известны методы частотного сканирования характеристик направленности антенн, основанные на симметрии фазового множителя дальнего поля к пространственной и частотной переменным. Так, например, угловой спектр одномерного распределения по оси x является фурье-образом этого распределения:

$$R \left(\frac{\omega}{c} \sin \theta \right) = N \int_{-L}^{+L} U_n(x) \exp \left(j \frac{\omega}{c} x \sin \theta \right) dx, \quad (1)$$

где $\omega = 2\pi f$, f — частота, c — скорость волны, N — нормирующий множитель, $U_n(x)$ — нормальная компонента колебательной скорости на раскрытии длиной $2L$, θ — аргумент углового спектра.

В данном сообщении рассматривается возможность замены пространственного сканирования частотным при измерениях в ближнем поле ЭАП, когда потенциал поля в точке с координатами η_0 , z_0 (рис. 1) определяется как

$$\varphi(\omega, \eta_0, z_0) = \int_{-L}^{+L} U_n(x) \frac{\exp \left(j \frac{\omega}{c} \sqrt{z_0^2 + (x - \eta_0)^2} \right)}{\sqrt{z_0^2 + (x - \eta_0)^2}} dx. \quad (2)$$

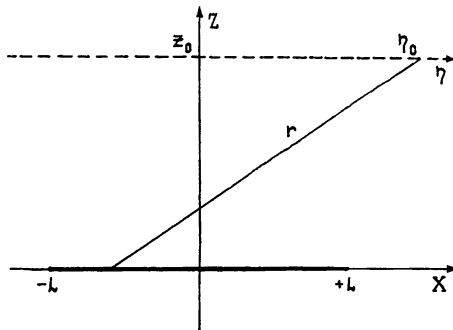


Рис. 1.

Переходя в (2) к переменной $r = \sqrt{z_0^2 + (x - \eta_0)^2}$, получим

$$\varphi(\omega) \Big|_{\eta_0, z_0} = \int_{r_1}^{r_2} V(r) e^{j(\omega/c)r} dr, \quad (3)$$

где

$$V(r) = \frac{U_n(r)}{\sqrt{r^2 - z_0^2}}.$$

При обращении усеченного преобразования Фурье вида (3) можно определить $V(r)$, а следовательно, и $U_n(x)$:

$$V(r) = \int_{\omega_1}^{\omega_2} \varphi(\omega) e^{-j\omega r/c} d\omega. \quad (4)$$

По определенному с помощью (4) $U_n(x)$ можно, используя (1), найти угловой спектр на любой заданной частоте ω_0 .

Заметим, что при использовании теоремы смещения [2], приводящей произвольный плоский раскрыв к эквивалентному одномерному раскрыву, вышеуказанную методику можно распространить для определения сечения характеристики направленности произвольной плоской антенны в любой плоскости, ортогональной плоскости антенны. Для этого необходимо проводить измерения ближнего поля линейным интегрирующим поле приемником, расположенным перпендикулярно к плоскости определяемого сечения характеристики направленности.

Поскольку измерения практически выполняются в ограниченной полосе частот, возможно только приближенное восстановление функции распределения колебательной скорости по поверхности антенны. Для оценки влияния полосы частот на точность восстановления характеристик направленности проведено математическое моделирование процесса измерений при частотном сканировании ближнего поля

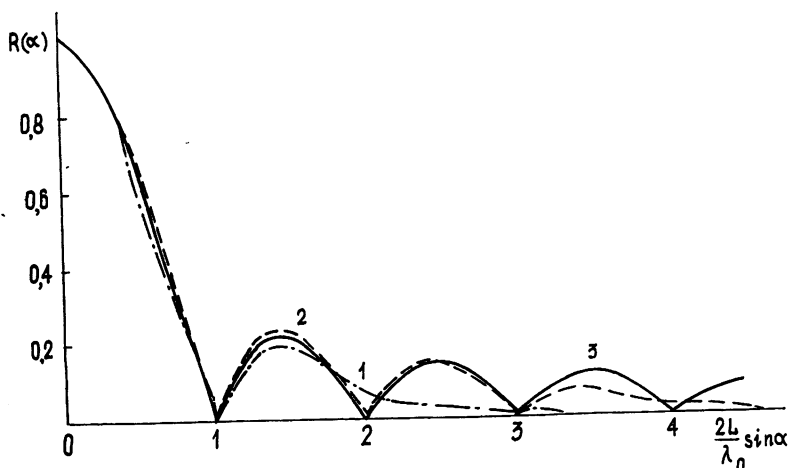


Рис. 2.

На рис. 2 приведены результаты математического моделирования процесса измерения угловых спектров ЭАП с однородным одномерным распределением $U_n(x)$ при частотном сканировании ближнего поля относительно неподвижного гидрофона. Моделирование осуществлялось с помощью малых ЭВМ 15ВСМ-5 при замене интегралов (1)–(4) конечными дискретными суммами. Кривые 1 и 2 — угловые спектры, полученные методом частотного сканирования, кривая 3 — результат прямого преобразования по (1), соответствующего традиционному измерению по дальнему полю. Параметры частотного сканирования $\frac{2L}{\lambda_0} = 5$; $\frac{\eta_0}{L} = 1,5$; $\frac{z_0}{L} = 0,6$; $\frac{\Delta\omega}{\omega_0} = 20\%$ — кривая 1; $\frac{\Delta\omega}{\omega_0} = 80\%$ — кривая 2.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бахрах Л. Д., Курочкин А. П. Голография в микроволновой технике — М. Сов. радио, 1979.
2. Самарышев М. Д. Направленность гидроакустических антенн. — Л: Судостроение, 1973.

Ленинградский электротехнический институт им. В. И. Ульянова (Ленина)

Поступила в редакцию 11 ноября 1979 г.