

ПАРАБОЛИЧЕСКАЯ АНТЕННА ДИАМЕТРОМ 30 м

С. Д. Андренко, О. А. Соляник, В. И. Булгаков

Рассматриваемая антенна принадлежит к классу зеркальных антенн и представляет собой параболоид вращения.

Зеркальная антенна с рефлектором в виде параболоида вращения определяется двумя параметрами: фокусным расстоянием f и диаметром раскрыва d . Диаметр раскрыва $d = 30$ м выбран из условия получения $S_{\text{эф}} = 300$ м² ($S_{\text{эф}}$ — эффективная поверхность антенны) при эффективности антенны, равной 0,5 [2]. Фокусное расстояние $f = 15$ м определено из условия получения максимальной величины эффективной поверхности при заданной диаграмме направленности облучателя, фиксированной длине волны и площади раскрыва.

Облучатель антенны. Облучателем параболической антенны служит пирамидальный рупор квадратного сечения, запитываемый квадратным волноводом. В волноводе системой двух взаимно-перпендикулярных штырей возбуждаются равноправные и независимые колебания типа H_{10} и H_{01} .

Для каждого облучателя при заданном раскрыве зеркала существует некоторый оптимальный угол раскрыва. Этот угол соответствует ширине диаграммы направленности облучателя на уровне $-(9 \div 12)$ дБ ниже ее максимума.

Как следует из работы [1], в H -плоскости для получения 10 дБ спада раскрыв пирамидального рупора a_p должен иметь размер

$$a_p = 1,11 \lambda,$$

где λ — длина волны.

Раскрыв пирамидального рупора в плоскости E принимаем равным раскрыву в плоскости H , т. е.

$$a_p = b_p = 1,11 \lambda,$$

а следовательно,

$$R_E = R_H = R_0 = 1,233 \lambda,$$

где R_0 — длина рупора.

Диаграмму направленности пирамидального рупора в E -плоскости можно рассчитать апертурным методом, принимая равномерным распределение амплитуды поля и квадратичным распределение фазы по раскрыву. В плоскости H диаграмму направленности рассчитываем тем же методом, полагая косинусоидальным распределение амплитуды поля и квадратичным распределение фазы. Тогда

$$F_E(\theta) = (1 + \cos \theta) \int_{-\frac{a_p}{2}}^{\frac{a_p}{2}} e^{-\frac{jk}{2R_0}(y^2 - 2yR_0 \sin \theta)} dy \quad (1)$$

$$F_H(\theta) = (1 + \cos \theta) \int_{-\frac{a_p}{2}}^{\frac{a_p}{2}} \cos \frac{\pi x}{a} e^{-\frac{jk}{2R_0}(x^2 - 2xR_0 \sin \theta)} dx, \quad (2)$$

где $k = \frac{2\pi}{\lambda}$;

x, y — координаты раскрыва в прямоугольной системе координат.

По выражениям (1) и (2) на электронно-вычислительной машине «МИР» вычислены диаграммы направленности (рис. 1). На том же рисунке приведена диаграмма направленности вибратора с контррефлектором.

Поперечный размер волновода a , расстояние от штыря до горловины рупора L , расстояние между штырями, расстояние от штырей до ограждающих стенок выбираются из следующих соображений.

1. Волновод должен пропускать только основной тип колебаний (H_{01} и H_{10}).

2. Длина волновода от горловины рупора до штыря L должна быть достаточной для значительного подавления колебаний высших типов $\frac{P_{шт}}{P_r} \approx 10$ ($P_{шт}$ и P_r — мощности волн высших типов у штыря и в плоскости горловины).

Из работы [4] следует, что в случае квадратного волновода поперечные размеры $a = b$ должны выбираться следующим образом:

$$a = b = (0,5 \div 0,75) \lambda_0.$$

Поэтому выбран волновод с размером

$$a = b = 0,63 \lambda_0.$$

В случае распространения только основного типа колебаний для всех типов (кроме основного) затухание волны в полном квадратном волноводе длиной l равно

$$\gamma l (\text{неп}) = \frac{\pi l}{\lambda_0 a} \sqrt{(m^2 + n^2) \lambda_0^2 - 4a^2} \quad (3)$$

(m и n — индексы типа волны).

Из уравнения (3) следует, что для обеспечения затухания 10 дБ на волне H_{11} (ближайший тип высших волн) размер L необходимо выбирать из условия

$$L \geq 0,5 a.$$

Диаграмма направленности антенны рассчитана апертурным методом. Как следует из работы [3], функция излучения из круглого отверстия выражается следующим образом:

$$g(u, \varphi) = a^2 \int_0^{2\pi} \int_0^1 f(r, \varphi') e^{iur \cos(\varphi - \varphi')} r dr d\varphi',$$

где $f(r, \varphi')$ — функция распределения по раскрытию;

a — радиус раскрытия;

r, φ' — полярные координаты точки раскрытия.

Если функция распределения по раскрытию не зависит от координаты φ' , то

$$g(u) = 2\pi a^2 \int_0^1 f(r) e^{iur} r dr. \quad (4)$$

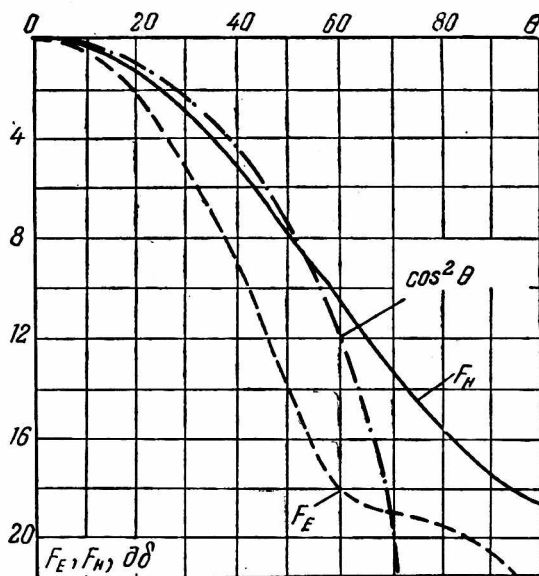


Рис. 1.

Для получения функции амплитудного распределения по раскрытию $f(r)$ на основе известной диаграммы направленности $F(\psi)$ необходимо воспользоваться связью

$$\psi = 2 \operatorname{arctg} \left(r \operatorname{tg} \frac{\psi_0}{2} \right)$$

и учесть разность длин лучей из фокуса в вершину параболоида и на его край.

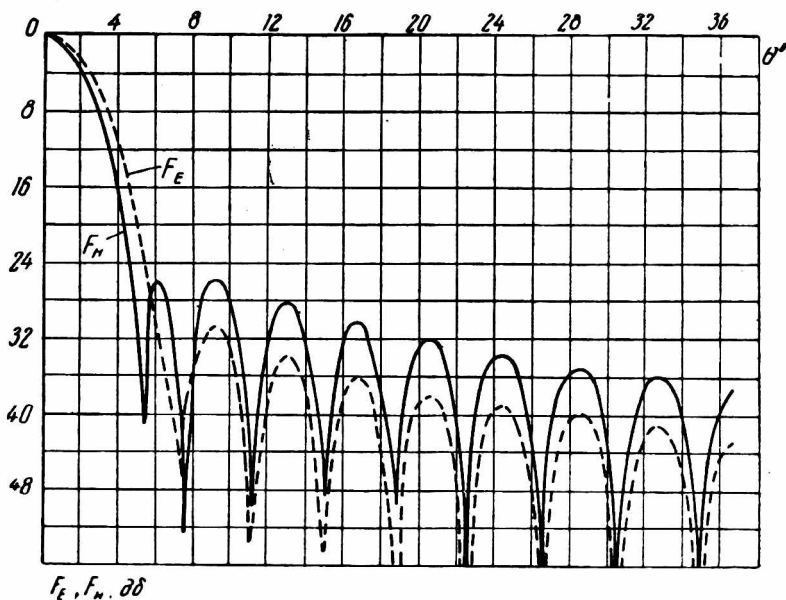


Рис. 2.

После этого

$$f(r) = F \left[2 \operatorname{arctg} \left(r \operatorname{tg} \frac{\psi_0}{2} \right) \right] \cos^2 \left[\operatorname{arctg} \left(r \operatorname{tg} \frac{\psi_0}{2} \right) \right].$$

Интегрирование выражения (4) на электронно-вычислительной машине дает возможность получить диаграмму направленности параболической антенны в E - и H -плоскостях (рис. 2).

Полученные диаграммы направленности облучателя достаточно хорошо приближаются к диаграмме направленности облучателя в виде вибратора с контррефлектором. Учитывая это, а также работу [2], можно приближенно считать величину эффективности параболической антенны равной 0,5, что при диаметре антенны $d = 30$ м приводит к $S_{\text{эф}} = 337$ м².

ЛИТЕРАТУРА

1. М. С. Жук, Ю. Б. Молочков. Проектирование антенно-фидерных устройств. Изд-во «Энергия», 1966.
2. Ю. В. Шубарин. Антенны сверхвысоких частот. Изд-во ХГУ, Харьков, 1960.
3. Антенны сантиметровых волн (перевод с английского под ред. Я. Н. Фельда), т. I, т. II. Изд-во «Советское радио», 1950.
4. Рудольф Кюн. Микроволновые антенны (перевод с немецкого под ред. М. П. Долуханова). Изд-во «Судостроение», Л., 1967.