

О ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОЛНАХ С КРУГОВОЙ ПОЛЯРИЗАЦИЕЙ В РЕБРИСТЫХ СИСТЕМАХ

Д. М. Браво-Животовский

Как известно [1-3], поверхностные волны, распространяющиеся вдоль анизотропной импедансной плоскости, представляют собой в общем случае суперпозицию полей поперечно-электрического (TE) и поперечно-магнитного (TM) типа по отношению к направлению распространения. Распорядившись соответствующим образом параметрами направляющей системы, можно получить в общем случае волны с произвольной поляризацией. Цель настоящей заметки заключается в иллюстрации возможности существования поверхностных волн с круговой поляризацией, что представляет известный интерес для антенн в диапазоне СВЧ.

Рассмотрим в качестве примера ребристую замедляющую структуру (рис. 1). Компоненты электрического поля поверхностной волны, распространяющейся над структурой, могут быть записаны в виде*

* Используется практическая рационализованная система единиц.

$$E_z = A (\alpha_1^2 + \alpha_2^2) k^2 \exp(-i \alpha_1 x - i \alpha_2 y - \alpha_3 z) k;$$

$$E_x = (iA \alpha_1 \alpha_3 - B \alpha_2 Z_0) k^2 \exp(-i \alpha_1 x - i \alpha_2 y - \alpha_3 z) k; \quad (1)$$

$$E_y = (iA \alpha_2 \alpha_3 + B \alpha_1 Z_0) k^2 \exp(-i \alpha_1 x - i \alpha_2 y - \alpha_3 z) k,$$

где $k = \omega \sqrt{\epsilon_0 \mu_0}$, $Z_0 = \sqrt{\mu_0 / \epsilon_0}$, A и B — произвольные амплитуды, α_1 , α_2 и α_3 — безразмерные коэффициенты, характеризующие распределение поля по координатам x , y и z соответственно; эти коэффициенты связаны между собой соотношением

$$\alpha_1^2 + \alpha_2^2 - \alpha_3^2 = 1. \quad (2)$$

На границе $z = 0$ компоненты полей должны удовлетворять импедансным граничным условиям

$$E_x = -ZH_y; \quad E_y = 0. \quad (3)$$

Пусть направление распространения поверхностной волны (компоненты полей в которой определяются выражением (1)) составляет с ребрами системы угол ϑ ($\operatorname{tg} \vartheta = \alpha_1 / \alpha_2$); тогда поперечное по отношению к этому направлению электрическое поле имеет вид:

$$E_{tr} = E_z z_0 + E_\xi \xi_0 =$$

$$= Ak^2 \left[(\alpha_1^2 + \alpha_2^2) z_0 - i \alpha_2 \alpha_3 \alpha_1^{-2} \sqrt{\alpha_1^2 + \alpha_2^2} \xi_0 \right] \times \quad (4)$$

$$\times \exp(-i \alpha_1 x - i \alpha_2 y - \alpha_3 z)$$

(z_0 и ξ_0 — орты z - и ξ -направлений).

Круговая поляризация будет иметь место при условии равенства амплитуд E_z и E_ξ в выражении (4), а именно:

$$\alpha_2 \alpha_3 = \alpha_1 \sqrt{\alpha_1^2 + \alpha_2^2}. \quad (5)$$

Принимая во внимание, что $\alpha_3 > \alpha_1$ (так как $\sqrt{\alpha_1^2 + \alpha_2^2} > \alpha_2$), и воспользовавшись выражением (2), получаем из (5) условие*

$$\alpha_2 > 1 \quad (6)$$

Согласно (6), для обеспечения круговой поляризации необходимо, чтобы вдоль y -направления волна была медленной. С другой стороны, из условия (6) следует, что импеданс Q должен быть отрицательным (так как $\alpha_3 = Q (1 - \alpha_2^2)$; см., например, [3]). Здесь Q — безразмерный импеданс ($iQ = Z/Z_0$), определяемый выражением

$$Q = \frac{1}{\sqrt{\epsilon}} \operatorname{tg} \sqrt{\epsilon - \alpha_2^2} kl, \quad (7)$$

где l — высота ребер системы, ϵ — относительная диэлектрическая проницаемость в канавках гребенки.

В металло-пластинчатых системах с воздушным заполнением условия $\alpha_2 > 1$ и $Q < 0$ противоречат друг другу; поэтому единственной возможностью совместить их является диэлектрическое заполнение пространства между ребрами системы. В последнем случае при фиксированном значении диэлектрической проницаемости ϵ высота ребер системы должна удовлетворять условиям, которые нетрудно получить из (7):

$$\pi/2 < \sqrt{\epsilon - \alpha_2^2} kl < \pi; \quad 1 < \alpha_2 < \sqrt{\epsilon}. \quad (8)$$

Таким образом, вдоль ребристых структур с диэлектрическим заполнением могут распространяться поверхностные волны с круговой поляризацией. Поэтому такие системы могут найти применение в качестве антенн поверхностной волны соответствующего назначения. Удобство ребристых структур с диэлектрическим заполнением заключается в том, что они не требуют предварительного формирования круговой поляризации поля, как это имеет место во многих известных системах.

* Заметим, что круговая поляризация возможна только для углов $\vartheta > 45^\circ$.

Автор весьма признателен М. А. Миллеру и В. И. Таланову за замечания, сделанные при просмотре рукописи.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. М. А. Миллер, ДАН СССР, **87**, 571 (1952).
2. М. А. Миллер, ЖТФ, **25**, 1972 (1955).
3. Л. С. Бененсон, Радиотехника и электроника, **4**, 517 (1959).

Научно-исследовательский радиофизический институт
при Горьковском университете

Поступила в редакцию
13 июля 1959 г.