

К ВОПРОСУ О КРИТИЧЕСКИХ ДЛИНАХ ВОЛН ГРЕБНЕВЫХ ВОЛНОВОДОВ

М. П. Кухтин

Харьков

Исследованию P - и H -волноводов посвящено значительное количество работ. В работах [1, 2, 3] выражения для параметров получены методом эквивалентных схем. В этом случае отклонение

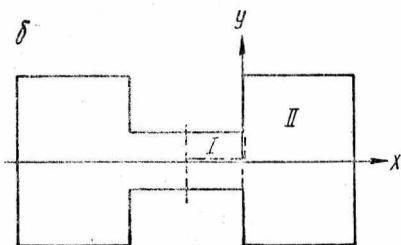
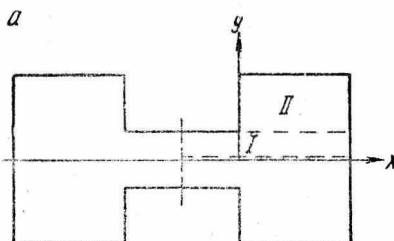


Рис. 1.

результатов расчета от экспериментальных данных достигает 50%. Более точные результаты получены в работах [4, 5, 6, 7], где используется электродинамический метод определения собственных чисел волноводов.

Однако и здесь хорошее совпадение теоретических и экспериментальных данных наблюдается только для основного типа волны H_{10} , тогда как для волны H_{20} имеем существенное различие вычисленного и измеренного значения критической частоты.

В связи с анализом вопроса о полосе пропускания гребневых волноводов был произведен расчет критических частот P - и H -волноводов методом перерасложения. Численные результаты решения дисперсионных уравнений получены с помощью ЭВМ типа М-20 для широкого интервала изменений относительных геометрических размеров волновода. При решении задачи использовался метод частичных областей с разбиением, показанным на рис. 1, а. Возможен и другой вариант разбиения [4], который показан на рис. 1, б. Однако, как следует из работы [4], оба случая дают в первом приближении одинаковые результаты. Очевидно, что при рассмотрении всей области поперечного сечения H -волновода мы можем ограничиться рассмотрением только двух прямоугольных областей — I и II (рис. 2). Используя граничные условия для продольной составляющей P_z на металле и по линии АВ, а также сшивая тангенциальные составляющие полей (H_z и E_x) на границе областей

I и II, получаем дисперсионное уравнение для волны H_{10} в виде

$$\sum_{m=0}^M \sum_{n=0}^N \left\{ \frac{k_1}{k_2} \left(\frac{\text{ctg } p_n g}{p_n} \right) q_m \sin q_m d \frac{2}{l} M_{ln} M_{mn} + \right. \\ \left. + \delta_{m'l} \cos q_l d \left(\frac{b}{2 - \delta_{l0}} \right) \right\} B_m = 0, \quad (1)$$

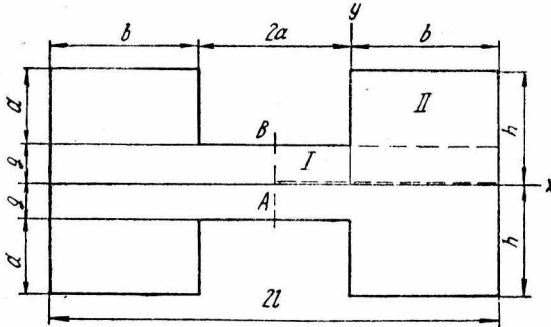
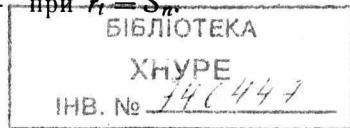


Рис. 2.

где

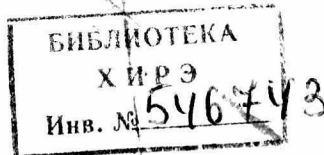
$$k_i = \frac{2\pi}{\lambda} \epsilon_i; \\ p_n^2 = k_1^2 - S_n^2; \\ q_m^2 = k_2^2 - r_m^2; \\ S_n = \frac{\pi n + \frac{\pi}{2}}{a + b}; \\ r_m = \frac{\pi}{b} m.$$

$$M_{in} = \begin{cases} \frac{S_n \cos S_n a}{S_n^2 - r_i^2} & \text{при } r_i \neq S_n; \\ \frac{b \cos S_n a}{2} & \text{при } r_i = S_n. \end{cases}$$



Определяя критическую длину волны H_{20} , граничное условие на линии AB записываем в виде $\frac{\partial \Pi_m}{\partial n} = 0$. Тогда дисперсионное уравнение получается аналогичным (1) с заменой

$$S_n = \frac{\pi n}{(a + b)}; \\ M_{in} = \begin{cases} -\frac{S_n \sin S_n a}{S_n^2 - r_m^2}, & r_i \neq S_n; \\ \frac{b}{2} \cos S_n a, & r_i = S_n. \end{cases}$$



На основании дисперсионных уравнений рассчитаны критические длины волн H_{10} и H_{20} . Теоретические результаты для волны H_{10} дают хорошее совпадение с экспериментальными данными, приведенными в работе [7]. Это иллюстрируется верхней строкой таблицы. При увеличении порядка определителя и числа членов в элементах определителя расхождение теоретических и экспериментальных результатов уменьшилось и уже при определителе пятого порядка ($M = N = 5$) не превышало 1%. С последующим увеличением порядка определителя (вплоть до 15-го) расхождение теоретических и экспериментальных результатов колебалось в пределах, не превышающих 3%.

Расчет критической длины волны H_{20} показал, что во втором приближении наблюдается удовлетворительное соответствие экспериментальных [7] и теоретических результатов (см. нижнюю строку таблицы).

Тип волны	$\lambda_{кр}$ экспериментальная, мм	$\lambda_{кр}$ расчетная				
		$M=N=0$	2	4	6	8
H_{10}	70,3	74,1	69,7	69,84	69,92	69,97
H_{20}	22,7	29,6	26,19	26,22	26,27	26,32

Следует отметить, что при увеличении порядка определителя наблюдалось значительное увеличение расхождения теоретических и экспериментальных результатов значений $\lambda_{кр}$, которое при $M = 8$ и $N = 16$ достигало 15%.

Столь неудовлетворительное соответствие теоретических и экспериментальных данных можно объяснить рядом причин, главные из которых заключаются в следующем.

С одной стороны, по-видимому, сказывается несовершенство использованного при выводе дисперсионных уравнений метода частичных областей. При этом структура поля, полученная теоретически, отличается от реально существующей в волноводе.

Следует отметить, что недостаточно хорошее совпадение экспериментальных данных с теоретическими, полученными на основе метода частичных областей, наблюдается при увеличении порядка определителя не только в волноводных задачах, но и при расчете замедляющих систем.

С другой стороны, наблюдается определенная погрешность экспериментальных данных, обусловленная несовершенством возбуждающих устройств для волны H_{20} , в связи с чем в волноводе появляются волны высших типов, искажающие структуру поля.

Таким образом, вопрос о расчете параметров гребневых волноводов, на первый взгляд, давно решенный, требует дальнейшей доработки теоретических и экспериментальных исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. S. Cohn. Proc. IRE, 35, 783—788, август, 1947.
2. K. Tomiyasu, L. Swerp. Proc. Nat. Electr. Contr., 10, 76—82, 1954.
3. Тсунг Шан Чен. Вопросы радиолокационной техники, 5, 1957.
4. Н. Ф. Фунтова. Ученые записки МГПИ им. В. И. Ленина, 88, 1954.
5. Л. Н. Дерюгин. «Радиотехника», 3, 6, 1948.
6. Н. В. Ляпунов, В. М. Седых. «Радиотехника и электроника», 11, 2, 1966.
7. В. М. Седых, А. Ф. Зоркин и др. ЖТФ, 34, 6, 1961.