

Р. А. ВЕЧКАНОВА, А. С. ЧЕКИНА

**ВОЛНОВОДНЫЕ НАПРАВЛЕННЫЕ ОТВЕТВИТЕЛИ
С СИЛЬНОЙ СВЯЗЬЮ ПО ШИРОКОЙ СТЕНКЕ**

Использование в волноводных направленных ответвителях эффекта интерференции электромагнитных волн, возбуждаемых элементами связи в обратном направлении, позволяет получить высокую направленность в широкой полосе частот.

Более выгодным в конструктивном отношении и лучшими по электрическим параметрам являются ответвители со связью по широкой стенке по сравнению со связью по узкой стенке [1]. При этом переходное ослабление и направленность ответвителя определяются не только интерференцией элементарных волн, распространяющихся от отверстий связи, но и электрическими параметрами отдельного отверстия и взаимной связью соседних отверстий.

Собственная направленность отверстия связи максимальна, когда отверстие расположено на центральной линии широкой стенки ($h=0$), и ею можно пренебречь, когда смещение отверстия относительно центральной линии равно (рис. 1) $h = \frac{a}{4}$ (a — размер широкой стенки волновода).

От величины смещения h в значительной степени зависит частотная характеристика переходного ослабления отверстия [3]. Выбирая h , можно получить постоянное или меняющееся определенным образом переходное ослабление в какой-либо части диапазона. Чаще всего при расчете широкополосных направленных ответвителей требуется соблюдение постоянства переходного ослабления ответвителя во всем заданном диапазоне частот или незначительного и симметричного его изменения при отклонении от центральной частоты диапазона. Поэтому h необходимо выбирать так, чтобы

собственное переходное ослабление отверстия изменялось соответственно. Согласно результатам [3], этому условию соответствует $h \approx 0,275 a$, где a — размер широкой стенки волновода.

Большое распространение получили широкополосные ответвители с равными и равноотстоящими отверстиями связи [3]. Они более удобны в изготовлении по сравнению с чебышевскими, биномиальными и другими ответвителями, у которых отверстия связи имеют неравные диаметры. Электрические параметры их получаются достаточно равномерными во всем диапазоне волновода.

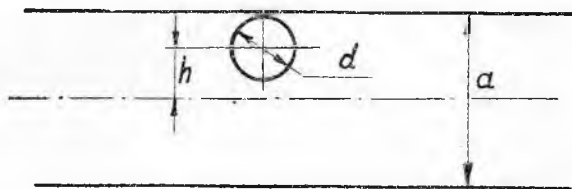


Рис. 1. Отверстие связи на широкой стенке

Существующие расчеты таких ответвителей имеют хорошее соответствие с экспериментальными данными только в случае малых по сравнению с длиной волны отверстий, то есть при достаточно высоком переходном ослаблении. С уменьшением переходного ослабления отверстия размеры элементов связи возрастают, что приводит к увеличению собственной направленности отверстий связи, появлению нежелательного взаимодействия между ними в ответвителе, уменьшению точности расчета. Причем, точность расчета тем меньше, чем меньше размер узкой стенки волновода h . Это обстоятельство затрудняет выполнение небольших по габаритам ответвителей.

Переходное ослабление ответвителя с одинаковыми отверстиями равно:

$$C = C_1 - 20 \lg N \text{ дБ}, \quad (1)$$

где C_1 — переходное ослабление одного отверстия, дБ;

N — количество отверстий связи.

Для сокращения габаритов отверстия связи можно расположить в два ряда (рис. 2), тогда переходное ослабление одного ряда отверстий будет равно

$$C = C_1 - 20 \lg 2N \text{ дБ}, \quad (2)$$

здесь N — количество отверстий связи в одном ряду.

Стремление сократить габариты ответвителя при небольшом переходном ослаблении приводит к необходимости выполнять отверстие связи большого диаметра. Если размер h выбрать равным $0,275 a$, то максимально возможный размер диаметра отверстия будет $0,45 a$.

Для исследован вопрос об изменении величины связи для от-
 стий диаметром $d \leq 0,45 a$ по сравнению с расчетной величиной.
 Изотавание проводилось на длине волны $\lambda_0 = 1,41 a$. Было уста-
 влено, что при выбранных размерах h и a хорошее совпадение
 экспериментом для малых отверстий дает выражение [4]:

$$C_1' = 20 \lg \left\{ \frac{6b' \cdot F^2}{\pi (d')^3} \right\} + 32 \frac{t'}{d'} \cdot F \delta b, \quad (3)$$

$$t' = \sqrt{1 - (1,71d')^2};$$

- h — размер узкой стенки волновода;
- t' — толщина общей широкой стенки;
- d' — диаметр отверстия связи.

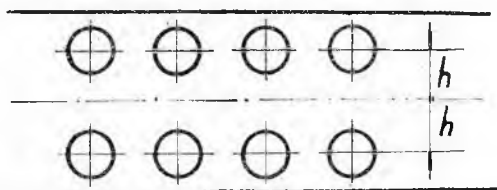


Рис. 2. Направленный ответвитель с рав-
 ными и равноотстоящими отверстиями,
 расположенными в два ряда

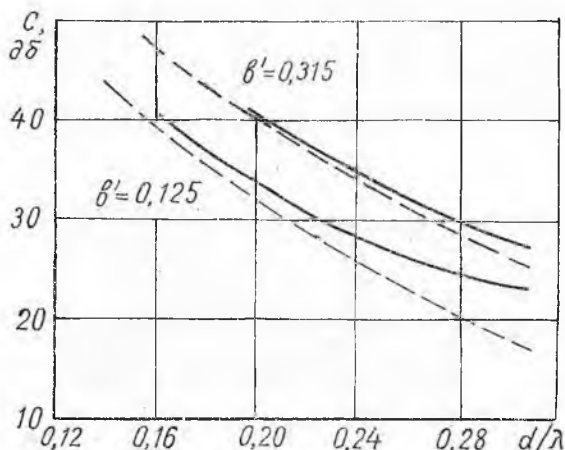


Рис. 3. График зависимости переходного ослаб-
 ления от частоты при различных размерах узкой
 стенки:

- теоретический;
- экспериментальный, совпадающий с расчет-
 ным по формуле (4)

Штрихами обозначены размеры, отнесенные к длине волны в свободном пространстве.

При больших размерах отверстий переходное ослабление верстия можно представить, как сумму C_1' и некоторого дополнительного затухания ΔC , выражение для которого получено эмпирически

$$C_1 = C_1' + \Delta C \quad \text{дб.}$$

$$\Delta C = \frac{1}{(1-2,88d')(16,95b'-0,728)-0,04d'} \quad \text{дб.}$$

На рис. 3 пунктиром показаны кривые зависимости $C_1' = f(d')$ и сплошными линиями $C_1 = f(d')$ для $b' = 0,125$ и $b' = 0,315$.

Выражение (5) дает хорошее совпадение с экспериментальными результатами для $b' \geq 0,12$ и $d' \leq 0,31$. Рассчитанные на основе выражений (3), (4), (5) ответители со связью в 3 и 6 дб не требовали дальнейшей экспериментальной подгонки величины связи.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. Ю. Мицкис. О расчете и конструкции широкополосных волноводных направленных ответителей. «Вопросы радиоэлектроники». Вып. 4, сер. VI, 1963.
2. А. Н. Ахнезер. О связи прямоугольных волноводов с помощью отверстия в широкой стенке. «Журнал технической физики», т. XXX, вып. 7, 1963.
3. А. Н. Ахнезер. «Измерительная техника», № 3, 1963.
4. S. Edward Hensberger. The Design of Multi-Hole Coupling Arrangements. «The microwave J.», 1959, v. 2, № 7-9, p. 38-42.