

N_1	N_2	φ_{11} , град		N_1	N_2	φ_{22} , град	
		$a=11$ мм	$a=19$ мм			$a=11$ мм	$a=19$ мм
10	10	169,5	173,0	10	10	3,9	2,5
20	20	168,8	167,5	20	20	-0,2	4,0
30	30	170,1	171,5	30	30	-4,4	-2,0
40	40	169,4	172,3	40	40	-4,2	-4,9
50	50	169,3	172,8	50	50	-4,1	-5,5
1	10	164,5	169,1	10	1	-0,7	-0,6
1	20	161,8	164,5	20	1	-6,6	-2,2
1	30	160,5	164,1	30	1	-11,7	-9,3
1	40	159,8	163,5	40	1	-11,7	-12,4
1	50	159,7	163,2	50	1	-11,8	-13,0

Приведенные результаты, сопоставленные с полученными в [6], показывают, что при моделировании ступенчатых нерегулярностей МПЛ с использованием схемы проекционного сшивания нужно учитывать не менее 30 волн, включая комплексные, чтобы обеспечить десятипроцентную точность расчета фазы элементов матрицы рассеяния.

Медленная сходимости и необходимость включения в процесс сшивания комплексных волн существенно усложняет численную реализацию алгоритмов на основе метода сшивания. В настоящее время исследуется вопрос о практической возможности использования при моделировании полосковых структур двумерной теории неоднородностей [7]. Первые результаты моделирования разрыва МПЛ, полученные на основе этой теории, опубликованы в [8].

ЛИТЕРАТУРА

1. Никольский В. В., Никольская Т. И. // Изв. вузов. Радиофизика. 1981. Т. 24, № 12. С. 1423.
2. Коваленко А. Н. // Изв. вузов. Радиофизика. 1978. Т. 21. № 2. С. 188.
3. Коваленко А. Н. В кн.: Машинное проектирование устройств и систем СВЧ.— М.: МИРЭА, 1977. С. 89.
4. Коваленко А. Н. В кн.: Машинное проектирование устройств и систем СВЧ.— М.: МИРЭА, 1978. С. 52.
5. Koster N. L., Jansen R. H. // IEEE Trans. MTT. 1986. V. 34. № 2. P. 213.
6. Коваленко А. Н. // Радиотехника и электроника. 1984. Т. 29. № 7. С. 1408.
7. Никольский В. В. // Сб. научно-методических статей по прикладной электродинамике.— М.: Высш. школа, 1978. Вып. 2. С. 34.

Московский институт радиотехники,
электроники и автоматики

Поступила в редакцию
10 октября 1988 г.

УДК 621.372.8

РЕЗОНАНСНОЕ СОГЛАСОВАНИЕ ВОЛНОВОДНОГО ТРОЙНИКА

М. В. Луханин, Л. А. Рудь

В настоящем сообщении излагаются принципы и результаты применения нетрадиционного подхода к решению задачи согласования H -плоскостных T -образных сочленений прямоугольных волноводов в заданной части рабочего диапазона частот. В его основе лежит предварительный анализ резонансных свойств и синтез геометрии более простой структуры — скачкообразного расширения волновода конечной длины с последующим установлением таких параметров элемента связи резонансного поля расширения с перпендикулярно подключенным к нему волноводом, при которых передача мощности H_{10} -волны из бокового плеча образуемого T -сочленения в два прямых будет максимальной. В качестве элемента связи расширения с боковым волноводом выбрана симметричная диафрагма конечной толщины, что в итоге и пред-

определило конфигурационное строение исследуемого волноводного тройника, изображенного на рис. 1.

Строгое решение задачи дифракции H_{10} -волн на рассматриваемой сложной структуре получено с помощью метода матричных операторов (обобщенных матриц рассеяния). При этом в качестве базовых элементов, обобщенные матрицы рассеяния которых считаются известными, брались T -тройник и два последовательно расположенных скачкообразных сочленения прямоугольных волноводов разной ширины. При численной реализации алгоритма коэффициенты матрицы рассеяния T -тройника рассчитывались методом, предложенным в [1], а матрицы рассеяния простых ступенек, из которых состоит диафрагмированный переход в плече 1, определялись с помощью метода частичных областей с учетом рекомендаций по его применению, сформулированных в [2]. Созданный алгоритм оказался достаточно эффективным и позволил оперировать с матрицами небольших порядков ($N > 10+15$) для получения

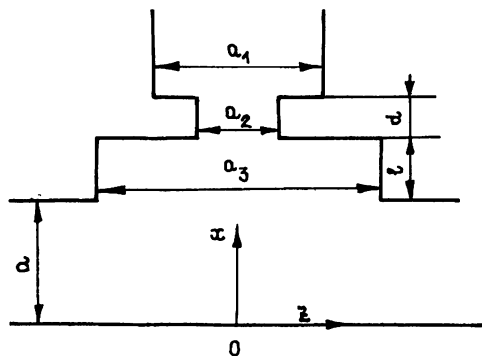


Рис. 1.

результатов с точностью до 0,5—1%. Комплекс программ реализован на языке FORTRAN-IV на ЭВМ БЭСМ-6 с возможностью работы как в режиме анализа, так и в режиме оптимизации заданного числа геометрических параметров структуры ($\theta_1 = a_1/a$, $\theta_2 = a_2/a$, $\theta_3 = a_3/a$, $L = l/a$, $D = d/a$) и частотного параметра $\kappa = a/\lambda$. В последнем случае использовались имеющиеся в математическом обеспечении ЭВМ подпрограммы поиска экстремума функций нескольких переменных.

Результаты предварительных расчетов по программе анализа показали, что на уровень согласования существенно образом влияют размеры диафрагмы θ_2 и D , а на положение и ширину полосы согласования размеры области связи ($0 < x \leq a+l$, $-a_3/2 \leq z \leq a_3/a$) сложного T -сочленения θ_3 и $L+1$. При этом максимум согласования наблюдался в окрестности точек κ , близких к реальным частям собственных комплексных частот более простой структуры — скачкообразного расширения волновода, резонансные свойства которого достаточно полно описаны в [3]. Поэтому был использован специализированный алгоритм параметрического синтеза области связи T -сочленения в предельной ситуации $a_2 = 0$, соответствующей расширению волновода. [4]. Не останавливаясь на деталях, отметим, что разработанный алгоритм [4] обеспечивает поиск параметров θ_3 и L , при которых в расширении существует одно из затухающих во времени свободных H_{m0n} -колебаний с заданной собственной комплексной частотой $\kappa_{mn} = \kappa'_{mn}(1 - i/2Q_{mn})$. Здесь Q_{mn} — добротность колебания, m — число вариаций электрического поля вдоль оси Ox , n — вдоль оси Oz , зависимость от времени подразумевается в виде $\exp(-i\omega t)$. Для нас представляют интерес симметричные вдоль z H_{m0n} -колебания с $n = 1, 3, \dots$, дающие резонансный отклик при $\kappa \approx \kappa'_{mn}$ и имеющие пучность электрического поля в плоскости $z=0$, т.е. в плоскости расположения щели диафрагмы сложного сочленения, изображенного на рис. 1.

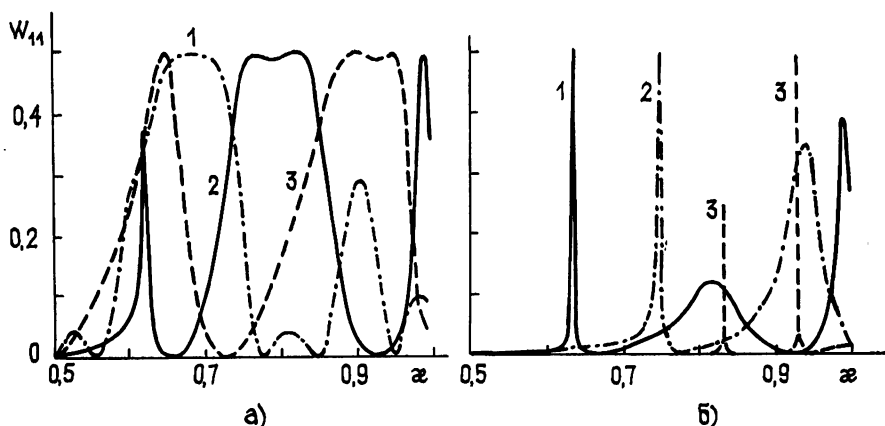


Рис. 2.

Результаты синтеза расширения существенно облегчают проведение второго этапа решения задачи — этапа оптимизации сложного T -сочленения, так как формируемая для него целевая функция $|R_{11}|(\theta_3, \theta_2, D, L) = 0$ оказывается достаточно простой (R_{11} — коэффициент отражения H_{10} -волны со стороны бокового плеча тройника). Полученные по решению задачи синтеза параметры θ_3 и L , служащие начальными

приближениями этих параметров в процедуре оптимизации, уже содержат в себе информацию о желаемой частоте и полосе согласования исходной структуры. Необходимость уточнения θ_3 и L , предусмотренная на этапе оптимизации, обусловлена прежде всего тем, что замена отражающей заглушки в боковом плече T -сочленения на диафрагмированный скачкообразный переход приводит к изменению собственной комплексной частоты и добротности «рабочего» H_{201} -колебания области связи, а также к уходу κ'_{23} от заданной частоты полного согласования тем большому, чем меньше величина Q_{21} .

Конструктивность предлагаемого подхода иллюстрируется данными рис. 2, где представлены частотные зависимости мощности H_{10} -волны ($W_{11} = (1 - |R_{11}|^2)/2$) прошедшей из бокового плеча с $\theta_1=1$ в прямые для оптимизированных T -сочленений, обладающих достаточно широкими (рис. 2а) и узкими (рис. 2б) полосами согласования в различных частях рабочего диапазона частот прямоугольного волновода. Кривым 1—3 на рис. 2а соответствуют параметры: 1 — $\theta_2=0,91$, $\theta_3=2,94$, $L=0,94$, $D=1,9$; 2 — $\theta_2=0,75$, $\theta_3=2,7$, $L=0,61$, $D=0,83$; 3 — $\theta_2=0,62$, $\theta_3=2,1$, $L=0,55$, $D=0,048$; на рис. 2б: 1 — $\theta_2=0,56$, $\theta_3=2,7$, $L=0,6$, $D=0,34$; 2 — $\theta_2=0,55$, $\theta_3=2,22$, $L=0,33$, $D=0,34$; 3 — $\theta_2=0,358$, $\theta_3=3,0$, $L=0,2$, $D=0,139$. Начальные приближения для процедуры оптимизации сложного сочленения получены по результатам параметрического синтеза скачкообразных расширений, поддерживающих H_{201} - и H_{203} -колебания. В частности, для конструкций рис. 2а исходные значения L и θ_3 установлены по заданным κ'_{23} и минимально достижимым при этих κ'_{23} величинам Q_{23} : 1 — $\theta_3=3$, $L=0,93$ при $\kappa_{23}=0,7(1-i/13)$; 2 — $\theta_3=2,7$, $L=0,72$ при $\kappa_{23}=0,8(1-i/16)$; 3 — $\theta_3=2,1$, $L=0,62$ при $\kappa_{23}=0,9(1-i/20)$. Из анализа рис. 2а нетрудно видеть хорошее соответствие между добротностями собственных колебаний и ширинами резонансных откликов на их возбуждение со стороны бокового плеча T -сочленения. Согласно данным рис. 2а имеем КСВ $\leq 1,3$ в полосах: 1 — $\Delta\kappa = 0,66 \div 0,71$; 2 — $\Delta\kappa = 0,755 \div 0,83$; 3 — $\Delta\kappa = 0,885 \div 0,95$.

Отметим принципиальную возможность достижения (в пренебрежении потерями на поглощение в стенках волноводов) сверхдобротного резонансного согласования тройника (см. кривую 3 на рис. 2б), являющегося откликом на H_{203} -колебание с $Q_{23} \approx 10^5$. Кривые 1, 2 на рис. 2б относятся к конструкциям тройников, «работающих» на H_{201} -колебаниях расширения с $Q_{21} = 10^3$. Дополнительные всплески на всех кривых рис. 2 обусловлены возбуждением в области связи тройников других симметричных $H_{\text{тол}}$ -колебаний, для которых параметры диафрагмы неоптимальны.

Предложенный подход допускает обобщение на случай многомодового бокового волновода ($\kappa\theta_1 > 1$) и многощелевых диафрагм, что представляет интерес при создании резонансных преобразователей типов волн и иных элементов многомодовых трактов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рудь Л. А. // Радиотехника и электроника. 1984. Т. 29. № 9. С. 1711.
2. Кириленко А. А., Сенкевич С. Л. // Радиотехника и электроника. 1984. Т. 29. № 6. С. 1089.
3. Шестопалов В. П., Кириленко А. А., Рудь Л. А. Резонансное рассеяние волн. Т. 2. Волноводные неоднородности. — Киев: Наукова думка, 1986.
4. Рудь Л. А. // Изв. вузов. Радиофизика. 1989. Т. 32. № 5. С. 613.

Институт радиофизики и электроники
АН УССР

Поступила в редакцию
15 марта 1988 г.