

**В.А. ВАРДАНЯН**

**ВОЛНОВОДНЫЕ ПЕРЕХОДЫ ДЛЯ РУПОРНО-ЛИНЗОВЫХ  
АНТЕНН ТЕРАГЕРЦОВОГО ДИАПАЗОНА**

Рассмотрен вопрос переходов между ДК-волноводами с различными поперечными сечениями. При построении схем различного назначения возникает необходимость применения волноводных переходов с различными размерами поперечного сечения на входе и выходе. При этом в случае применения многоволновых волноводов возникают волны высших типов. В таких устройствах преобразование рабочих мод в высшие типы волн должно быть минимальным. Применение метода Фельда-Заксона позволяет рассчитывать уровень преобразования рабочей моды в высшие типы волн и основные размеры предлагаемых переходов.

**Ключевые слова:** многоволновые волноводы, переход, высшие типы волн.

**Переходы между металлодиэлектрическими волноводами (МДВ) квадратного сечения с различными сечениями.** При непосредственной стыковке обоих волноводов с различными сечениями возбуждается сумма волн ДК-волновода. Если пренебречь затуханием этих волн, то мощность  $P_i$   $i$ -й волны вычисляется по формуле, полученной методом Фельда-Заксона [1, 2]:

$$P_i = \frac{\left| \int_{S_i} \left[ \vec{E}_0 \vec{H}_i \right] \vec{\ell} dS \right|^2}{\left| \int_S \left[ \vec{E}_i \vec{H}_i \right] \vec{\ell} dS \right|^2}, \quad (1)$$

где  $S_i$  – эффективная площадь сечения возбуждающего волновода;  $S$  – поперечное сечение ДК-волновода;  $\vec{\ell}$  – единичный вектор, направленный вдоль оси  $Oz$ ;  $\vec{E}_0$  и  $\vec{H}_0$  – компоненты поля возбуждающей волны;  $\vec{E}_i$  и  $\vec{H}_i$  – компоненты поля возбуждаемой волны.

Мощность падающей волны вычисляется как реальная часть от потока вектора Умова-Пойнтинга через  $S_i$ :

$$P_o = Re \int_{S_i} \left[ \vec{E}_0 \vec{H}_0^* \right] \vec{\ell} dS. \quad (2)$$

Эффективность возбуждения  $\eta$  равна

$$\eta = \frac{P_i}{P_o}. \quad (3)$$

Ввиду того, что вид зависимости компонент поля от координаты “у” для волн рабочего типа в металлическом волноводе и ДК-волноводах одинаков, наибольшая эффективность возбуждения получается при равенстве “игрековых” размеров  $b = b_l$ . По координате “х” соответствующие зависимости компонент поля стыкуемых волноводов различны, и максимальная эффективность возбуждения волны  $LM_{11}$  возможна при  $\alpha \neq \alpha_l$ .

**Переход с металлодиэлектрического волновода квадратного сечения на волновод круглого сечения.** Вращающиеся сочленения, как правило, выполняются на основе круглых волноводов [3]. Другие функциональные элементы волноводных трактов для сохранения поляризационной устойчивости выполняются на основе МДВ квадратного сечения [1].

Численные исследования методом Фельда-Заксона (1) показали, что наименьшие потери на преобразование обеспечивает оптимальный скачок (см.рис. 1).

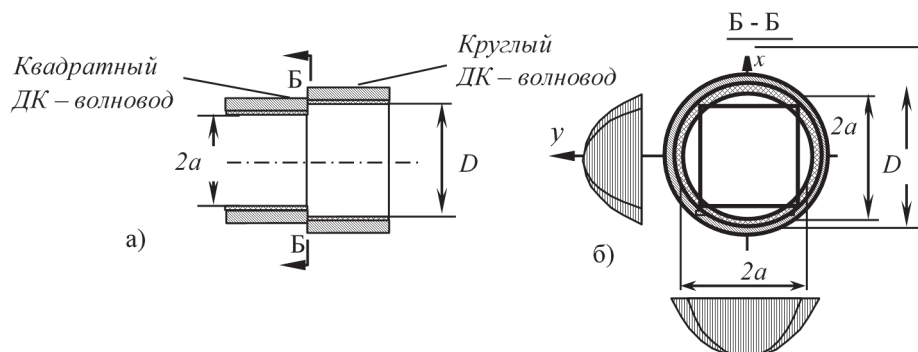


Рис. 1. Оптимальный скачок между ДК-волноводами квадратного и круглого поперечного сечения (а), распределение полей в ДК-волноводах (б)

Условие оптимального скачка можно записать в виде

$$2a = 0,9D, \quad (4)$$

где  $2a$  – поперечный размер квадратного МДВ;  $D$  – диаметр круглого МДВ. Расчетное значение потерь на преобразование оптимального скачка МДВ с размерами поперечного сечения  $10 \times 10$  мм к круглому волноводу составило  $0,05$  дБ, измеренные потери на частоте  $150$  ГГц не превышают  $0,1$  дБ.

**Плавные переходы.** При конструировании волноводных переходов основной задачей является выбор длины и формы перехода. В работе [4] теоретически обосновывается возможность создания плавных переходов меньшей длины с малыми потерями на преобразование рабочей волны в высшие типы волн. Рассчитаем длину перехода и форму ее образующей для МДВ на длине волны 1 мм. Размеры сочленяемых волноводов равны в узкой части – 10 мм, а в широкой части – 20 мм. Следуя обозначениям, принятым в [4], имеем  $a(0) = 5$  мм,  $a(L) = 10$  мм. Длину сглаженного, оптимального перехода  $L$  рассчитаем по формуле (17.22), приведенной в [4]. В нашем случае длина перехода составляет 186 мм.

Профиль перехода рассчитывается по параметрической формуле

$$a(\zeta) = \sqrt{a(0)a(L)} e^{\frac{1}{2} \ln q \cos \pi \zeta}, \quad (5)$$

где  $\zeta = z/L$ ,  $q = a(L)/a(0)$ ;  $a_z$  – продольная координата перехода, принимающая значения от 0 до  $L$ . Расчетные значения профиля перехода приведены в таблице.

Таблица

Расчетные значения профиля перехода

$a(\zeta)$ , мм	5	5.01	5.27	5.69	6.28	6.99	7.79	8.59	9.28	9.85	10
$L$ , мм	0	18.6	37.2	55.8	74.4	93.0	111.6	130.2	148.8	167.4	186

Вид профиля оптимального перехода, построенного по расчетным результатам таблицы, приведен на рис. 2.

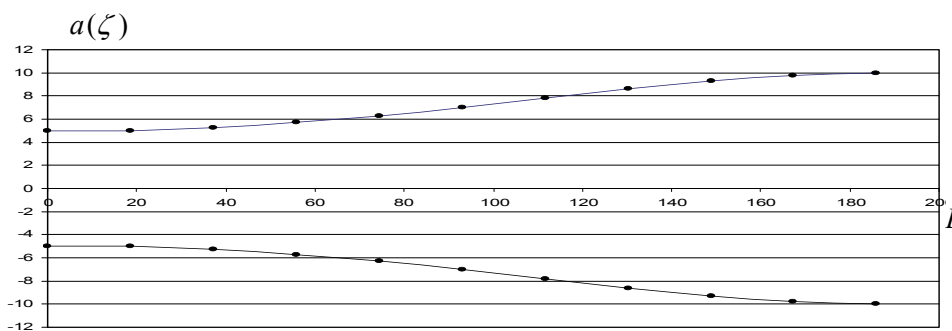


Рис. 2. Профиль оптимального перехода при  $\lambda_{mi} = 1$  мм,  $a(0) = 5$  мм,  $a(L) = 10$  мм

Такая форма профиля позволяет реализовать переходы между волноводами различных сечений без скачков, что, в свою очередь, минимизирует

потери на преобразование рабочей моды в высшие типы волн. Так, расчетные значения потерь на преобразование составляют 0,06 дБ.

Полученные результаты позволяют реализовать переходы на основе металлodieлектрического волновода с различными поперечными сечениями. При этом обеспечивается низкий уровень потерь на преобразование.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шаров Г.А. Волноводные устройства сантиметровых и миллиметровых волн. – М.: Горячая линия – Телеком, 2016. – 639 с.
2. Вайнштейн Л.А. Электромагнитные волны. – М.: Радио и связь, 1990. – 442 с.
3. Айвазян М.Ц., Мартиросян Р.М., Казанцев Ю.Н. Направляющие системы для терагерцового диапазона // Физические основы приборостроения. – 2016. – Т. 5, № 1. – С. 28 – 35.
4. Каценеленбаум Б.З. Теория нерегулярных волноводов с медленно меняющимися параметрами. – М.: Изд. АН СССР, 1961. – 216 с.

#### Վ.Ա. ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ

#### ՏԵՐԱՇԵՐՑԱՅԻՆ ՏԻՐՈՒՅԹԻ ԱՆՏԵՆԱՆԵՐԻ ԱԼԻՔԱՏԱՐԱՅԻՆ ՓՈՂԱ-ՈՍՊՆՅԱԿԱՅԻՆ ԱՆՑՈՒՄՆԵՐ

Դիտարկված է տարբեր չափսերով ալիքատարների միջև անցումների հարցը: Տարբեր նպատակների համար գերբարձր հաճախականային սխեմաներ կառուցելիս անհրաժեշտ է դառնում մուտքի և ելքի վրա օգտագործել ալիքատարային անցումներ: Բազմաալիքային ալիքատարների օգտագործման դեպքում առաջանում են ավելի բարձր տիպի ալիքներ: Նման սարքերում աշխատանքային ռեժիմների փոխակերպումն ավելի բարձր ալիքների տեսակների պետք է լինի նվազագույնը: Ֆելդ-Ջաքսոնի մեթոդի կիրառումը հնարավորություն է տալիս հաշվարկել աշխատանքային ալիքների փոխակերպման մակարդակը և առաջարկվող անցումների հիմնական չափսերը:

**Առանցքային բառեր.** բազմաալիքային ալիքատարներ, անցում, բարձր տեսակի ալիքներ:

#### V.A. VARDANYAN

#### WAVEGUIDE TRANSITIONS FOR HORN-LINE TERAHERTZ ANTENNE

The issue of transitions between DC waveguides with different cross sections is considered. When constructing circuits for various purposes, it becomes necessary to use waveguide transitions with different cross-sectional dimensions at the input and output. At that in the case of applying multiwave waveguides, waves of higher types arise. In such

devices, the conversion of operating modes to higher wave types should be minimal. By using the Feld-Zachson method, it is possible to calculate the level of conversion of the working mode to higher types of waves and the main dimensions of the proposed transitions.

**Keywords:** multiwave waveguides, waveguide transition, higher wave types.

ՀՏԴ 528.029.4/.56

## Մ.Ս. ԱԶՈՅԱՆ

### ԲԱՑԱՐՁԱԿ ՃԼՇՄԱՆ ՏՎԻՉԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ

Հեռահաղորդակցական միջոցների լայնամասշտաբ կիրառման ոլորտներն անսահմանափակ են, հատկապես ավիացիոն-տիեզերական, ավտոմատ կառավարմամբ ռազմական տեխնիկական ինքնագնաց սարքերի, անօդաչու համակարգերի, տիեզերական մոլորակների՝ Լուսին, Մարս, Վեներա, գիտատեխնիկական հետազոտման գործընթացներում: Հեռադեկավարմամբ ավտոմատ կայանների անխափան աշխատանքն իրագործում են նախնական տեղեկատվական տարրերով՝ տվիչներով՝ նախատեսված ֆիզիկական երևույթների (արտաքին կամ ներքին) հսկման, կարգավորման համար, որը հուսալի աշխատանքի գրավականն է:

**Առանցքային բառեր** տվիչ, արտաքին գործոններ, ջերմակոմպենսացիա, ինտելեկտ:

Հեռադեկավարման միջավայրը՝ տիեզերական մոլորակը, լի է մեզ անծանոթ, անբացատրելի երևույթներով, ինչը լուրջ տեխնիկական խնդիր է ավտոմատ ռեժիմում աշխատող կայանի նախագծման ժամանակ, քանզի մարդու ներկայությամբ, շնորհիվ նրա բազմակողմանի, երևույթների համակողմանի ընկալման, բացառվում են մի շարք գործոններ, որը տվյալ սարքը պետք է «զգաս»: Խնդիր, որի տեխնիկական լուծումը տրված է միայն մարդուն՝ օժտված բնատուր **ինտելեկտով**: Հետևաբար, տրամաբանորեն նախագծված սարքը որոշ չափով «կփոխարինի» մարդուն՝ օժտված՝ «**արհեստական ինտելեկտով**»: Նախագծման հետագա հաջողությունը կախված է ֆիզիկական երևույթը նույնությամբ՝ առանց աղավաղումների, էլեկտրականի ձևափոխող տարրի՝ տվիչի որակական ցուցանիշներից:

Դիտարկենք միջավայրում արտաքին և ներքին գործոնների տարատեսակները՝ ջերմային, ճնշման, խոնավության, ռադիացիայի, հետևաբար՝ ամեն մի գործոն զգալու համար պետք է նախագծել առանձին տվիչ՝ յուրահատուկ ցուցանիշներով:

Ռազմական տեխնիկայի զարգացմանը զուգընթաց գիտության նորագույն նվաճումներն առաջին հերթին կիրառվում են ավիացիայի, տիեզերագնացությամբ