

РАЗРАБОТКА ОБЛУЧАТЕЛЯ ДЛЯ ЗЕРКАЛЬНОЙ АНТЕННЫ

*Терешин Олег Юрьевич (staff@vniief.ru), Вертей Сергей Викторович,
Иванов Алексей Валерьевич, Курмашов Александр Николаевич,
Мигачев Михаил Иванович, Хохлов Павел Вячеславович*

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

В качестве облучателя зеркальных антенн, используемых для земных спутников связи и в различных радиолокационных системах, могут быть использованы антенны на основе волноводов различных сечений. Стабильность электродинамических параметров облучателя позволяют эффективно применять зеркальные антенны в широком диапазоне частот. Задача обеспечения этих свойств облучателя может быть решена с помощью модификации круглой волноводной антенны.

Цель, для которой разрабатывается данный облучатель, состоит в создании антенны, способной обеспечить равномерную по ширине диаграмму направленности (ДН) во всем рабочем диапазоне частот.

В докладе приведены конструкция и основные электродинамические характеристики, разработанного облучателя для зеркальной антенны. Была решена задача по определению параметров облучателя, которые обеспечивают получение заданных электродинамических характеристик, таких как диаграмма направленности (ДН), коэффициент стоячей волны, коэффициент усиления (КУ) и поляризационные характеристики.

Ключевые слова: антенна, облучатель, круглый волновод, диаграмма направленности.

DEVELOPMENT OF THE FEED SYSTEM FOR REFLECTOR ANTENNA

*Tereshin Oleg Yurievich (staff@vniief.ru), Vervey Sergey Viktorovich,
Ivanov Aleksei Valeryevich, Kurmashov Aleksandr Nikolaevich,
Migachev Mikhail Ivanovich, Hohlov Pavel Vyacheslavovich*

FSUE «RFNC-VNIIEF», Sarov Nizhny Novgorod region

Antennas on the basis of waveguides with different sections can be used as a feed system of reflector antennas used for terrestrial communication satellite and radar systems. The electrodynamic parameter stability of a feed system makes it possible to use efficiently the reflector antennas in a wide frequency range. The problem of providing the necessary properties of the feed system can be solved by modifying a circular waveguide antenna.

The purpose for which this antenna is being developed to create and provide the necessary amplitude patterns over the entire operating frequency range.

The main electrodynamic characteristics and design of a feed system present in this report. The problem of determining the parameters of the feed system was solved, which provide the desired electrodynamic parameters, such as radiation patterns, standing-wave ratio, antenna gain power and polarization patterns.

Key words: antenna, satellite antenna, circular waveguide antenna, beam pattern.

Антенны сантиметрового диапазона длин волн широко применяются в различных областях радиоэлектроники – связи, телевидении, радиолокации, телекоммуникации, радиоуправления, а также в системах радиоэлектронного подавления, радиотелетри. В сантиметровом диапазоне длин волн находят широкое применение апертурные антенны, как в качестве элементов фазированных антенных решеток, так и облучателей зеркальных антенн [1].

Необходимость приема и последующей передачи информации от спутниковых систем связи требуют создания и совершенствования технических средств, используемых для этой цели. Эффективность применяемого оборудования в большей степени зависит от эффективности применяемых в его составе антенных устройств [2].

В данной работе описан опыт разработки облучателя для зеркальной антенны, выполненного на основе открытого конца круглого волновода с поляризатором в виде диэлектрической пластины, который обеспечивает эллиптическую поляризацию излучения.

Технической проблемой является создание облучателя, обладающего стабильной шириной ДН по уровню половинной мощности в широкой полосе частот. Ширина ДН для двухзеркальных антенн должна быть равна $50^\circ \div 60^\circ$ [3].

Достижимым техническим результатом является стабилизация ширины ДН по уровню половинной мощности в широком диапазоне частот, что позволяет реализовывать эффективные амплитудные распределения на контррефлекторе для двухзеркальных антенн.

Облучатель для зеркальной антенны

Разработанный облучатель представляет собой круглый волновод, в полости которого установлен поляризатор, выполненный в виде диэлектрической пластины. В плоскости раскрыва антенны установлен круглый металлический экран и последовательно чередующиеся металлические дроссельные фланцы разных размеров. Питание облучателя осуществляется через коаксиальный разъем и продольные гребни с плавно изменяющимся зазором.

Конструкция разработанного облучателя в разрезе представлена на рис. 1 [4].

СВЧ излучение через коаксиальные питающие линии поступает в круглый волновод и при распространении внутри волновода проходит через возбуждающие гребни, обеспечивающие возбуждение волны типа H_{11} и согласование в широкой полосе частот. Дроссельные экраны на конце волновода препятствуют затеканию токов за волновод. За счет разницы внешних диаметров, образуются резонансные области, в которых происходит частичная компенсация токов, затекающих на наружные стенки волновода.

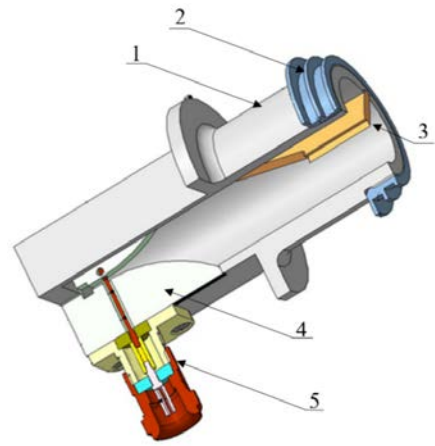


Рис. 1. Конструкция разработанного облучателя:
1 – круглый волновод, 2 – дроссельный фланец,
3 – поляризатор, 4 – гребень, 5 – коаксиальный разъем

При возбуждении электромагнитной волны типа H_{11} в круглом волноводе с поляризатором в виде диэлектрической пластины, установленной под углом 45° по отношению к вектору E электромагнитной волны типа H_{11} , излучается поле с эллиптической поляризацией.

В облучателе, содержащем круглый волновод, на открытом конце которого установлены последовательно чередующиеся первые и вторые экраны, выполненные в виде металлических колец, при этом внешний диаметр каждого первого экрана больше внешнего диаметра каждого второго экрана. В продольном направлении от раскрыва волновода внешний диаметр каждого первого экрана меньше внешнего диаметра последующего первого экрана, а внешний диаметр каждого второго экрана меньше внешнего диаметра последующего второго экрана. Толщина вторых экранов больше толщины первых экранов и выбирается из соотношения: $\frac{\lambda_0}{10} \leq t \leq \frac{\lambda_0}{6}$, где t – толщина вторых экранов, λ_0 – длина волны на центральной частоте диапазона.

Между металлическими, первыми и вторыми, экранами разного диаметра, поочередно установленными на свободный конец волновода, за счет увеличения внешних диаметров первых и вторых экранов в продольном направлении от раскрыва волновода, и различных толщин этих экранов, образуются различные резонансные области. В каждой из областей происходит рекомбинация токов одних частот и излучения токов других частот, что приводит к стабилизации ширины ДН по уровню половинной мощности в широкой полосе частот.

По результатам расчетов, разработанный облучатель в диапазоне частот $F_0 \pm 1,5$ ГГц формирует однонаправленные ДН с шириной по уровню половинной мощности в пределах $50^\circ \div 60^\circ$ в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

В направлении максимума ДН и в заданных границах ДН поляризация эллиптическая (коэффициент эллиптичности (КЭ) не менее 0,75).

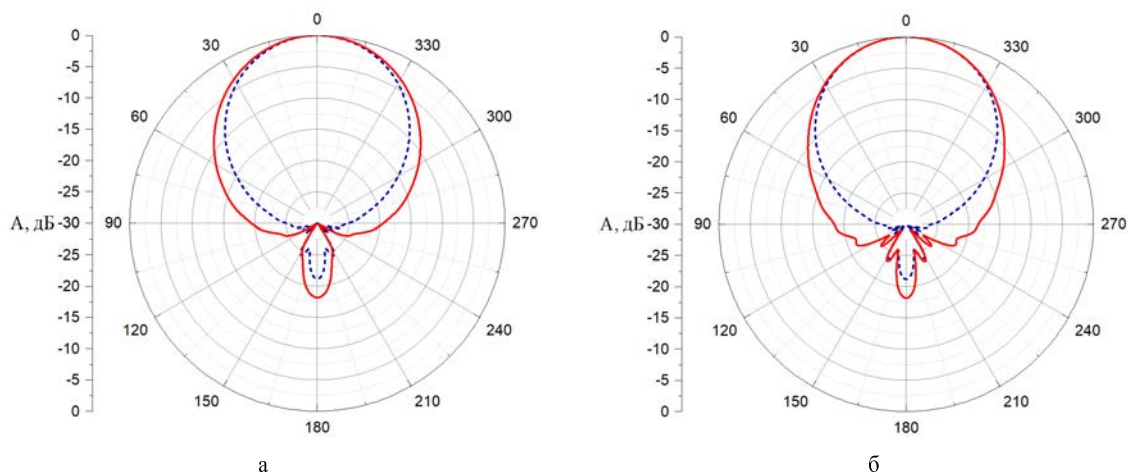


Рис. 5. Теоретические диаграммы направленности: а – в горизонтальной плоскости, б – в вертикальной плоскости; — — — — — рупорный волновод, — — — — — разработанный облучатель

Таблица 1

Сравнение характеристик разработанного облучателя и стандартного круглого волновода

Частота, ГГц	Ширина ДН, град				КЭ		КУ, дБ	
	Разраб. облучатель		Стандартный круглый волновод		Разраб. облучатель	Стандарт. круглый волновод	Разраб. облучатель	Стандарт. круглый волновод
	20 _Г	20 _В	20 _Г	20 _В				
F ₀ -1,5	58,4	59,4	67,7	69,4	0,77	0,8	9,6	8,8
F ₀	52,1	56,0	60,5	63,3	0,83	0,87	10,6	9,7
F ₀ +1,5	52,3	55,9	53,9	58,1	0,75	0,76	10,9	10,6

Таблица 2

Сравнение характеристик разработанного облучателя и рупорного волновода

Частота, ГГц	Ширина ДН, град				КЭ		КУ, дБ	
	Разраб. облучатель		Рупорный волновод		Разраб. облучатель	Рупорный волновод	Разраб. облучатель	Рупорный волновод
	20 _Г	20 _В	20 _Г	20 _В				
F ₀ -1,5	58,4	59,4	57,7	57,5	0,77	0,75	9,6	10,4
F ₀	52,1	56,0	49,8	50,4	0,83	0,69	10,6	11,5
F ₀ +1,5	52,3	55,9	42,3	43,7	0,75	0,74	10,9	12,8

Заключение

В результате выполненных исследований разработан облучатель для зеркальной системы на основе круглого волновода.

Были получены следующие характеристики разработанного облучателя:

- стабильная ширина диаграммы направленности (значения ширины ДН в двух ортогональных плоскостях не превышают 50...60 град) антенны в широкой полосе частот F₀ ± 1,5 ГГц;

- коэффициент эллиптичности в максимуме 0,77; 0,83; 0,75 для F₀ – 1,5 ГГц; F₀ ГГц; F₀+1,5 ГГц частот соответственно;

- коэффициент усиления в максимуме 9,6; 10,6; 10,9 дБ для F₀ – 1,5; F₀ ГГц; F₀ + 1,5 ГГц частот соответственно.

Полученные результаты показывают реализуемость разработанного облучателя и соответствие ее характеристик предъявляемым требованиям.

Дальнейшие перспективы данных исследований могут заключаться в создании макета устройства и его экспериментальной отработке для подтверждения выбранных технических решений.

Список литературы

1. Драбкин А. Л., Зуенко В. Л., Кислов А. Г. Антенно-фидерные устройства. – М. Советское радио, 1974. С.330.
2. Соменов А. М. Расчет антенн земных станций спутниковой связи. М.: Горячая линия-Телеком, 2011. С. 304.
3. Фролов О. П. Антенны для земных станций спутниковой связи. М.: Радио и связь, 2000. С.376.
4. Пат. 2723904, РФ, МПК Н01Q13/02 Волноводный излучатель / Вертей С. В., Мигачев М. И., Курмашов А. Н., Хохлов П. В. // Бюллетень изобретений. 2020. № 17.