

Системы спутниковой связи непрерывно развиваются, активно осваиваются средние и низкие орбиты, кардинально возрастает количество космических аппаратов (КА) в тех или иных группировках. Те же тенденции проявляют российские космические системы связи, в связи с чем резко возрастают требования к оперативности обслуживания, точности наведения и особенно к точности сопровождения КА.

МНОГОЛУЧЕВЫЕ ОБЛУЧАТЕЛИ МОНОИМПУЛЬСНОГО ТИПА ДЛЯ СЛЕДЯЩИХ АНТЕНН СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ

Multi-beam feeds monopulse mode for satellite tracking antennas



Владимир Бобков

Генеральный директор
ООО “Технологии Радиосвязи”, к.т.н.

Vladimir Bobkov

General Director, Candidate of Sciences
RadioComm Technologies Ltd



Николай Званцегов

Технический директор
ООО “Технологии Радиосвязи”, к.т.н.

Nikolay Zvantzegov

Technical Director, Candidate of Sciences
RadioComm Technologies Ltd



Александр Бобков

Инженер
ООО “Технологии Радиосвязи”

Aleksander Bobkov

Engineer, RadioComm Technologies Ltd



Максим Голубцов

Генеральный директор ООО “СВВ”

Maksim Golubtsov

General Director, SVV Ltd



Андрей Будкин

Ведущий специалист ООО “СВВ”

Andrey Budkin

Leading specialist, SVV Ltd

Широко применявшиеся для КА на геостационарных орбитах (ГСО) системы

наведения антенных систем (АС) уже не обеспечивают необходимой точности сопровождения спутников на высоких эллиптических (ВЭО) и

низких круговых орбитах (НКО). С другой стороны, непрерывно возрастающие требования к потенциалам радиолиний вызывают применение остронаправленных антенн, с шириной диаграммы направленности (ДН) от единиц до десятых долей градуса, и таким антеннам требуется коррекция наведения даже для КА на ГСО. Ранее в таких случаях прибегали к особо прочным фундаментам и опорно-поворотным устройствам (ОПУ) с завышенными характеристиками, в настоящее время на пике спроса находятся решения, обеспечивающие низкую стоимость, универсальность и адаптивность применения [1]. Сочетание этих требований реализуется в системах автоматического наведения с обратной связью по принимаемому сигналу. Это обеспечивается с помощью специальных



Расположение основного и дополнительных лучей ДН в пространстве

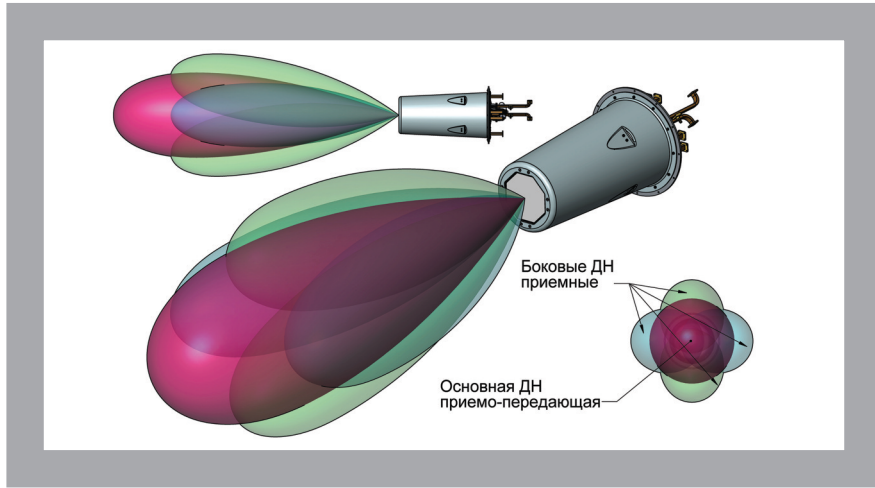


Рис. 1

облучателей, формирующих сигналы наведения фазовыми либо амплитудными методами модуляции ДН [2]. Применение фазовых методов в системах связи вызывает сложности в связи с принципиально неизвестным принимаемым сигналом. Среди амплитудных методов выделяют следующие: механическое или электрическое сканирование основного лепестка ДН либо же формирование наряду с основным прямо-

передающим лучом ДН дополнительных приемных лучей для формирования равносигнальной зоны (рис. 1). В первом случае работа происходит не в максимуме ДН, и такие методы применяются в сравнительно небольших антеннах. Второй метод позволяет реализовать системы с высоким потенциалом связи и точностью наведения, вследствие независимости лучей ДН, используемых для канала связи и для системы наведения.

Различные типы облучателей так или иначе решают проблему минимизации потерь коэффициента усиления (КУ) антенны, принципиально возникающих из-за взаимного влияния амплитудно-фазовых распределений основного и дополнительных лепестков ДН. Первые из таких облучателей вообще состояли из отдельных возбуждающих рупоров, где смещение их фазовых центров приводило к широкому разбросу боковых лучей, снижению КУ и возникновению широкой зоны неопределенности в центральной области вследствие низкого соотношения “сигнал/шум”. Необходимость сближения фазовых центров излучения основного лепестка ДН и боковых лепестков для повышения КУ требовала так или иначе реализуемого “перекрытия” соответствующих апертур облучающей системы.

Одним из известных решений стало применение многомодовых облучающих структур, со всеми сложностями реализации волноводного тракта, другим типом решений — многоэлементные облучатели с несколькими излучателями, но простыми трактами частотно-поляризационной обработки сигнала. В качестве элементарных антенн применялись антенны вытекающей волны, реберно-стержневые или диэлектрические, но они также имели кон-

Схемы МЛО: а) на основе 5-канального рупора; б) на основе 4-рупорного облучателя

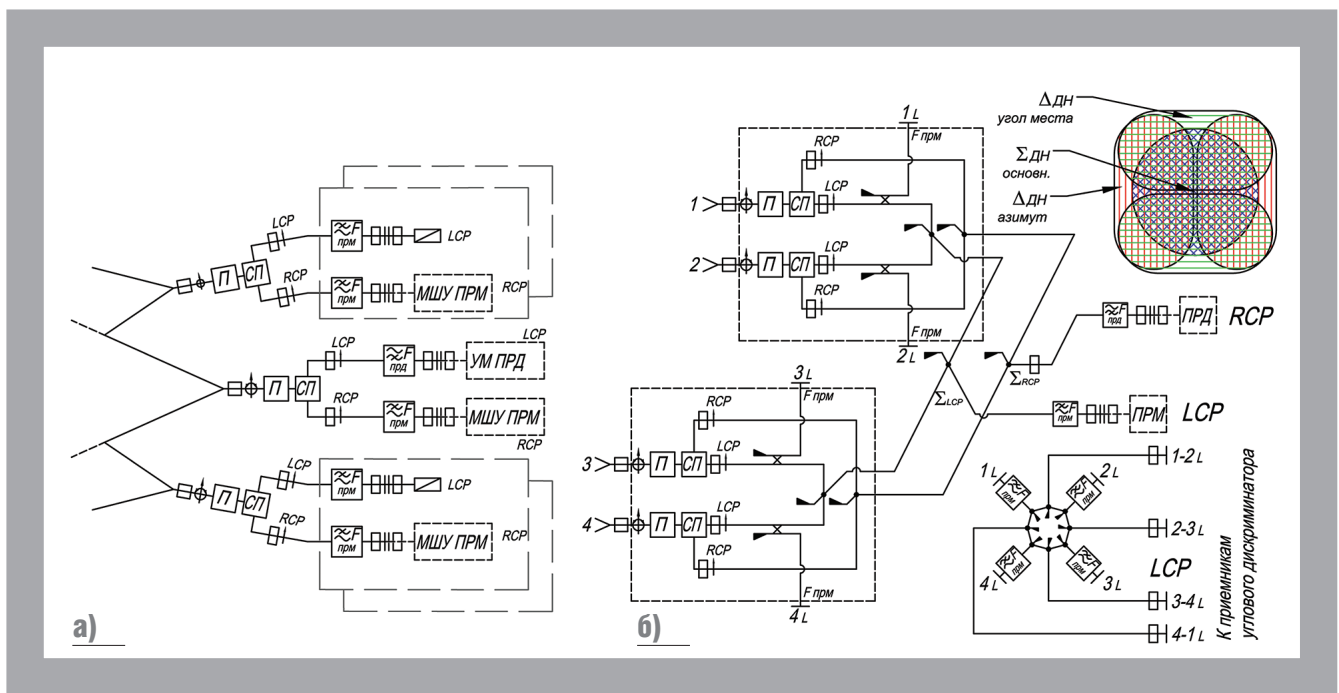


Рис. 2



Рис. 3

структивные недостатки в реализации и при работе с высоким уровнем излучаемой мощности. В ООО “Технологии Радиосвязи” наработана практика применения таких систем, и на основе опыта эксплуатации была поставлена задача реализации СНА с улучшенными характеристиками по достижимому КУ, чувствительности к отклонениям и отсутствию зоны нечувствительности. ООО “СВВ” для решения поставленных задач предложило конструкции многолучевых облучателей (МЛО) на основе рупорных схем в S-, C-, Ku- и Ka-диа-

пазонах. Упрощенные схемы облучателей показаны на рис. 2. Для МЛО в Ku- и Ka-диапазонах при небольших физических размерах применяется схема с так называемым 5-канальным рупором (рис. 2а), где раскрыв рупора, обеспечивающего формирование луча основной ДН, частично совмещается с раскрытиями четырех боковых рупоров. Выбор соотношения площадей раскрытия, осей излучения и смещения фазовых центров позволяет обеспечить близкие к оптимальному КУ основного и боковых лучей и их угловое распо-

ложение для наилучшего облучения рефлектора. В S- и C-диапазонах МЛО строится схоже с моноимпульсными облучателями радиолокаторов, однако его схема обеспечивает формирование четырех амплитудных сигналов боковых лучей ДН (рис. 2б). Ответвленные сигналы из трактов каждого рупора комбинируются и формируют боковые лучи, а основной луч ДН формируется всеми четырьмя рупорами. Облучатели обеспечивают работу в полнополяризованном базисе и могут применяться для работы на

Диаграммы направленности облучателя

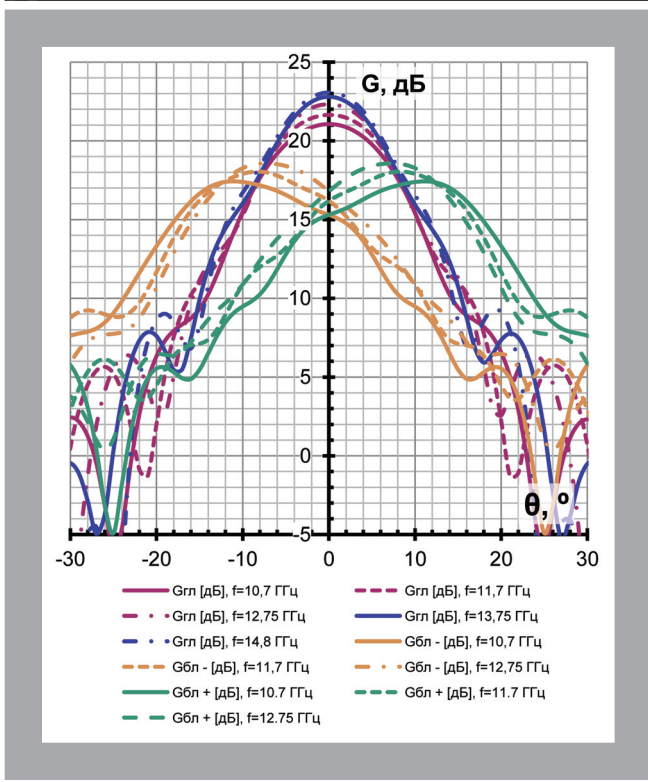


Рис. 4а

Диаграммы направленности антенной системы

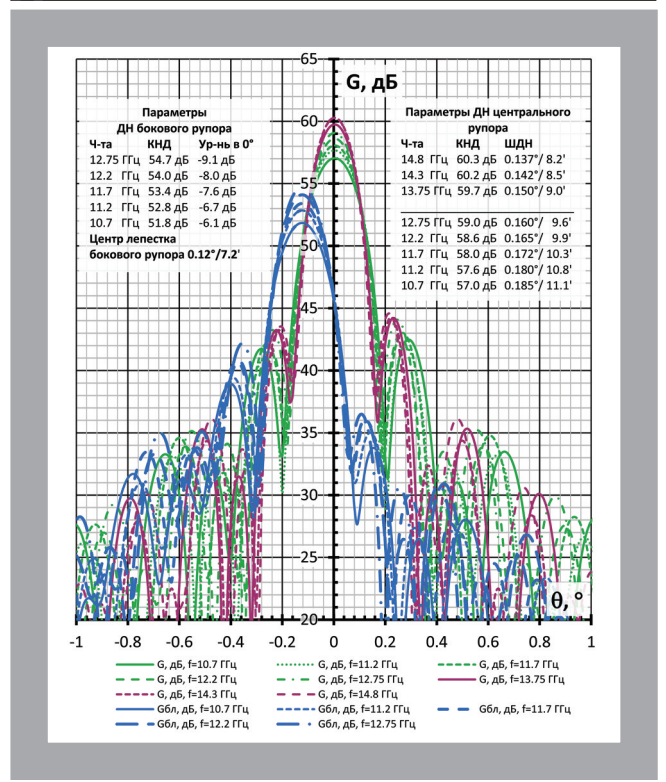


Рис. 4б



линейной и круговой поляризациях. Уровень достигаемых кросс-поляризационной и пространственной развязки каналов позволяет, при применении диплексоров, обеспечивать работу в 4-портовом режиме (реализовано в Ku-диапазоне). Отметим, что построение МЛО позволяет работать со входной мощностью до единиц кВт.

В качестве примера реализации на рис. 3 показана общая компоновка МЛО Ku-диапазона, включающая 5-канальный рупор, поляризационно-селективные элементы основного и боковых каналов, фильтры, диплексеры, волноводный переключатель для выбора поляризации на передачу.

На рис. 4а приведены ДН МЛО, а на рис. 4б – ДН 2-зеркальной антенной системы с рефлектором 9,3 м, оснащенной им.

Сигналы облучателя поступают на входы аппаратуры обработки системы наведения антенн, разработанной ООО “Технологии Радиосвязи”, – блок системы наведения (БСН) ТИШЖ.468383.131 (рис. 5). Испытания системы показали, что обеспечиваются возврат и устойчивое сопровождение КА при отклонениях в пределах плюс-минус двух ширин ДН.

Разработанный комплекс оборудования и типоряд многолучевых облучателей различных диапазонов позволяют существенно расширить эксплуатационные характеристики современных АС. Полноценная реализация системы слежения значительно упрощает эксплуатацию систем связи с ГСО, но главное – позволяет планомерно и с высоким качеством осуществлять полноинтервальные сеансы связи с КА на ВЭО и НКО.

Блок системы наведения моноимпульсного типа



Рис. 5

Основные технические характеристики облучателя, подтвержденные в ходе прямо-сдаточных испытаний

№.	Параметр	Значение
1.	Рабочий диапазон частот, прием/передача, ГГц	10,7–12,75/13,75–14,8
2.	Тип поляризации основного и боковых каналов	Круговые правая/левая
3.	Коэффициент эллиптичности основного канала	Не менее 0,9
4.	Кросс-поляризационная развязка выходов основного канала, дБ	Не менее 26
5.	Развязка портов основного канала “передача-прием” кросс-поляризационная в диапазоне передачи/приема, дБ	Не менее 110/85
6.	Развязка портов основного канала “передача-прием” кополяризационная в диапазоне передачи/приема, дБ	Не менее 110/55
7.	Вносимые потери основного канала в диапазоне передачи/приема, дБ	Не более 0,4/0,7
8.	КСВН на портах основного канала	Не более 1,25
9.	Кросс-поляризационная развязка выходов боковых каналов, дБ	Не менее 17
10.	Развязка боковых каналов от основного канала в диапазоне передачи/приема, дБ	Не менее 110/35
11.	Развязка боковых каналов от других боковых каналов в диапазоне приема, дБ	Не менее 40
12.	Вносимые потери бокового канала в диапазоне приема, дБ	Не более 0,5
13.	КСВН на портах боковых каналов в диапазоне приема	Не более 1,25
14.	Масса облучателя в сборе, кг	Не более 37

Реализуемые в системе наведения алгоритмы дополнительно с высокой точностью дают возможность уточнять конкретные угловые координаты КА в основном луче ДН по практически линейной дискриминационной характеристике (соотношению амплитуд боковых сигналов) и полноценно решать угломерные задачи в ходе проведения сеансов связи. Алгоритмы поиска и выведения на сопровождение позволяют сократить до минимума простоя антенной системы в ходе обслуживания прогнозируемых многочисленных группировок КА на НКО. Приведенные решения будут распространяться на широкий круг задач,

включая реализуемые и перспективные системы “Марафон ЮТ”, “Экспресс-РВ”, “Тонец”, “Скиф” и др., как в части станций управления КА, так и в части связанных терминалов, наряду с мерами по улучшению технических характеристик и экономических критериев предлагаемых систем.

Литература:

1. Бобков В., Званцугов Н. Системы наведения “Технологии Радиосвязи” – рубеж в 500 комплектов пройден. Специальный выпуск “Спутниковая связь и вещание – 2022”.
2. Hawkins G.J., Edwards D.J., Prof. J.P. McGeehan. Tracking systems for satellite communications, IEEE Proceedings, Vol.135, Pt. F, № 5, October 1988.

Более подробно ознакомиться с оборудованием можно на сайте www.rc-tech.ru.



**Технологии
Радиосвязи**

Более подробно ознакомиться с оборудованием можно на сайте www.svv-tech.ru.



**КБ Систем
Волноводных**



Адреса и телефоны
ООО “ТЕХНОЛОГИИ
РАДИОСВЯЗИ”

см. стр. 100 “Информация о компаниях”

Реклама