



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

H01Q 3/30 (2022.02); H01Q 15/00 (2022.02); H01Q 19/19 (2022.02)

(21)(22) Заявка: 2021119064, 29.06.2021

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
29.06.2021Дата регистрации:
26.07.2022

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 29.06.2021

(45) Опубликовано: 26.07.2022 Бюл. № 21

Адрес для переписки:

107031, Москва, Войсковая часть 1125

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное казенное образовательное учреждение высшего образования "Академия Федеральной службы безопасности Российской Федерации" (Академия ФСБ России) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете

о поиске: RU 2623652 C1, 28.06.2017. RU 2664751 C1, 22.08.2018. RU 2620875 C1, 30.05.2017. RU 2435262 C1, 27.11.2011. US 3828352 A1, 06.08.1974. CN 100536230 C, 02.09.2009. US 3922682 A1, 25.11.1975.

(54) Осесимметричная многодиапазонная многолучевая многозеркальная антенна

(57) Реферат:

Изобретение относится к области радиотехники и предназначено для использования в качестве антенн земных станций спутниковых систем связи с ретрансляторами СВЧ-КВЧ диапазонов, расположенными на геостационарной орбите, для одновременной работы с несколькими искусственными спутниками Земли, каждый из которых работает одновременно в трех диапазонах частот. Сущность заявленного решения заключается в том, что осесимметричная многодиапазонная многолучевая многозеркальная антенна, состоящая из основного зеркала-рефлектора с образующей в виде параболы, симметричного относительно ее фокальной оси, вспомогательного зеркала-контррефлектора, соосного параболе, и облучателей. При этом контррефлектор имеет форму параболы, вогнутой в сторону от рефлектора. Фокальная ось этой параболы является осью аксиальной симметрии антенны и одновременно осью симметрии

контррефлектора, а в плоскости, проходящей через фокус ортогонально фокальной оси, установлены облучатели первого диапазона частот. На фокальной оси рефлектора соосно ему установлены осесимметричные вторичный рефлектор с сечением, подобным сечению рефлектора, и вторичный контррефлектор с сечением в виде эллипса, фокальная ось которого совпадает с осью аксиальной симметрии антенны. В плоскости, проходящей ортогонально указанной оси через фокус эллипса, дальний от вершины вторичного рефлектора и совпадающий с его фокусом, установлены облучатели второго диапазона частот, а в плоскости, проходящей ортогонально указанной оси через фокус эллипса, ближний к вершине вторичного рефлектора, установлены облучатели третьего диапазона частот. Технический результат при реализации заявленного решения заключается в повышении эффективности антенны при одновременном приеме радиоволн трех диапазонов частот. 2 ил.

RU 2 776 722 C1

RU 2 776 722 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
H01Q 3/30 (2006.01)
H01Q 19/19 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

H01Q 3/30 (2022.02); H01Q 15/00 (2022.02); H01Q 19/19 (2022.02)(21)(22) Application: **2021119064, 29.06.2021**(24) Effective date for property rights:
29.06.2021Registration date:
26.07.2022

Priority:

(22) Date of filing: **29.06.2021**(45) Date of publication: **26.07.2022** Bull. № 21

Mail address:

107031, Moskva, Vojskovaya chast 1125

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe kazennoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniya "Akademiya Federalnoj sluzhby
bezopasnosti Rossijskoj Federatsii" (Akademiya
FSB Rossii) (RU)**

(54) **AXISYMMETRIC MULTI-BAND MULTI-BEAM MULTI-REFLECTOR ANTENNA**

(57) Abstract:

FIELD: radio engineering.

SUBSTANCE: invention relates to the field of radio engineering and is intended for use as antennas for earth stations of satellite communication systems with repeaters of the microwave-EHF bands located in geostationary orbit, for simultaneous operation with several artificial Earth satellites, each of which operates simultaneously in three frequency bands. The substance of the claimed solution lies in the fact that an axisymmetric multi-band multi-beam multi-mirror antenna, consisting of a main reflector mirror with a generatrix in the form of a parabola, symmetrical about its focal axis, an auxiliary counter-reflector mirror, coaxial to the parabola, and irradiators. In this case, the counter-reflector has the shape of a parabola, concave away from the reflector. The focal axis of this parabola is the axis of axial symmetry of the antenna and at the same time the axis of symmetry of the counter-reflector, and in the plane passing through the focus orthogonally

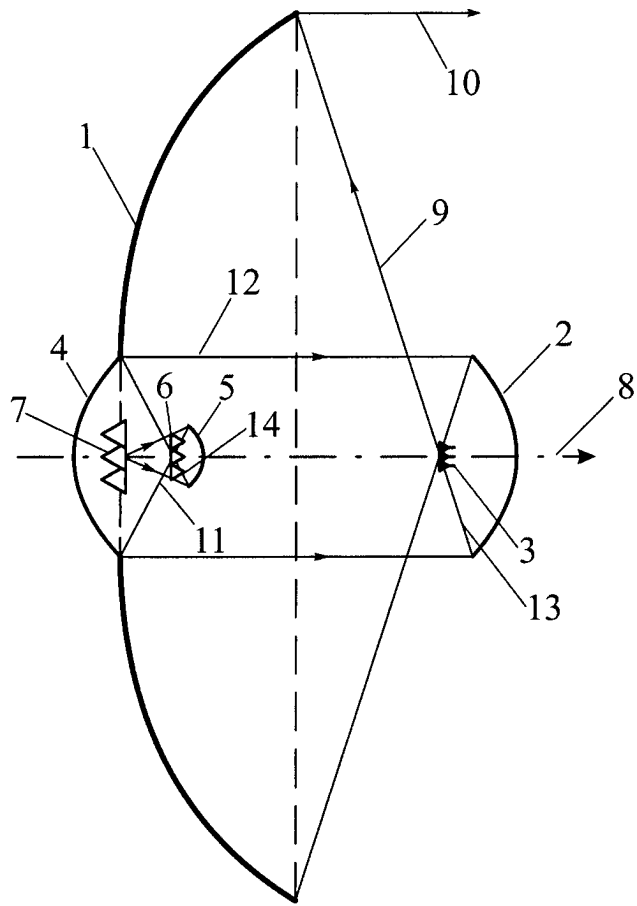
to the focal axis, feeders of the first frequency range are installed. An axisymmetric secondary reflector with a cross section similar to that of the reflector and a secondary counter-reflector with a cross section in the form of an ellipse, the focal axis of which coincides with the axis of axial symmetry of the antenna, are installed coaxially on the focal axis of the reflector. In the plane passing orthogonally to the specified axis through the focus of the ellipse, which is farthest from the top of the secondary reflector and coinciding with its focus, feeders of the second frequency range are installed, and in the plane passing orthogonally to the specified axis through the focus of the ellipse, which is closest to the top of the secondary reflector, feeders of the third range are installed frequencies.

EFFECT: improving the efficiency of the antenna while simultaneously receiving radio waves of three frequency bands.

1 cl, 2 dwg

RU 2 776 722 C1

RU 2 776 722 C1



Фиг. 1

Область техники, к которой относится изобретение

В настоящее время для радиосвязи и цифрового радиовещания широко используются искусственные спутники Земли (ИСЗ) - ретрансляторы, расположенные на геостационарной орбите (ГСО) и использующие одновременно диапазоны частот С, Ku и Ka. В перспективе планируется использование частотных диапазонов 40 ГГц и более [1].

Предлагаемое изобретение относится к области радиотехники и предназначено для использования в качестве антенн земных станций спутниковых систем связи с ретрансляторами СВЧ-КВЧ диапазонов, расположенными на ГСО, для одновременной работы с несколькими ИСЗ связи, каждый из которых работает одновременно в трех диапазонах частот.

Уровень техники

Известны [2] многодиапазонные двухзеркальные антенны, состоящие из основного параболического зеркала-рефлектора, вспомогательного зеркала-контррефлектора в виде эллипсоида или гиперboloида, соосного рефлектору, и облучателя в фокусе контррефлектора. Такие антенны позволяют организовывать радиосвязь через ИСЗ на ГСО одновременно в нескольких частотных диапазонах с использованием устройств разделения диапазонов частот [2, 3]. К недостаткам такой антенной системы относится пониженная ее эффективность при одновременном приеме нескольких диапазонов на один облучатель из-за потерь электромагнитной энергии в устройстве разделения диапазонов частот.

Известна также многолучевая комбинированная двухзеркальная антенна [4], состоящая из осесимметричного основного зеркала-рефлектора, имеющего форму параболоида, и вспомогательного зеркала-контррефлектора в виде эллипсоида, соосного с параболоидом и вогнутого в сторону от рефлектора. Облучатели первого диапазона частот расположены в плоскости, ортогональной фокальной оси и проходящей через фокус контррефлектора, приближенный к рефлектору. Облучатели второго диапазона установлены в плоскости, ортогональной фокальной оси и проходящей через фокус контррефлектора, удаленный от рефлектора. Такая антенна может принимать одновременно от ИСЗ с каждого направления два различных диапазона частот.

Раскрытие сущности изобретения

Техническим результатом предлагаемого изобретения является повышение эффективности антенны при сохранении направления диаграмм направленности многолучевого режима и одновременном приеме трех диапазонов частот с каждого направления. Для этого предлагается осесимметричная многодиапазонная многолучевая многозеркальная антенна, состоящая из основного зеркала-рефлектора с образующей в виде параболы, симметричного относительно ее фокальной оси, вспомогательного зеркала-контррефлектора, соосного параболе, и облучателей. При этом контррефлектор имеет форму параболы, вогнутой в сторону от рефлектора. Фокальная ось этой параболы является осью аксиальной симметрии антенны и одновременно осью симметрии контррефлектора, а в плоскости, проходящей через фокус ортогонально фокальной оси, установлены облучатели первого диапазона частот. На фокальной оси рефлектора соосно ему установлены осесимметричные вторичный рефлектор с сечением, подобным сечению рефлектора, и вторичный контррефлектор с сечением в виде эллипса, фокальная ось которого совпадает с осью аксиальной симметрии антенны. В плоскости, проходящей ортогонально указанной оси через фокус эллипса, дальний от вершины вторичного рефлектора и совпадающий с его фокусом, установлены облучатели второго диапазона частот, а в плоскости, проходящей ортогонально указанной оси через фокус

эллипса, ближний к вершине вторичного рефлектора, установлены облучатели третьего диапазона частот.

Краткое описание чертежей

Изобретение поясняется чертежами, на которых:

- 5 - фиг. 1 - сечение осесимметричной многодиапазонной многолучевой многозеркальной антенны плоскостью, содержащей ось аксиальной симметрии;
- фиг. 2 - осесимметричная многодиапазонная многолучевая многозеркальная антенна, вид со стороны контррефлектора.

На чертежах обозначено:

- 10 1 - рефлектор;
- 2 - контррефлектор;
- 3 - облучатели первого диапазона частот;
- 4 - вторичный рефлектор;
- 5 - вторичный контррефлектор;
- 15 6 - облучатели второго диапазона частот;
- 7 - облучатели третьего диапазона частот;
- 8 - фокальная ось парабол 1, 4 и эллипса 5;
- 9 - лучи от краев рефлектора 2 и облучателя 3 на края рефлектора 1;
- 10 - направление излучения антенны от центральных облучателей 3, 6 и 7;
- 20 11 - направление лучей от облучателей 7 и 6 из фокусов 4 и 5 на края 4;
- 12 - направление распространения плоской волны от вторичного рефлектора 4 для полей центральных облучателей 6 и 7;
- 13 - лучи от центральных облучателей 3, 6 и 7 на края рефлектора 1;
- 14 - линия, подобная отрезкам ГСО, соединяющим точки стояния ИСЗ.

25 Осуществление изобретения

Осесимметричная многодиапазонная многозеркальная антенна (фиг. 1) с рефлектором 1 и контррефлектором 2 в виде параболоидов вращения с совпадающими фокальными осями и фокусами образующих парабол, но обращенными в разные стороны вершинами содержит облучатель 3 в общем фокусе парабол 1 и 2.

30 При подключении к облучателю 3 высокочастотного генератора первого диапазона частот облучатель излучает сферическую волну, в том числе в сторону верхнего и нижнего краев рефлектора 1. Так как рефлектор обычно находится в дальней зоне излучения относительно облучателя, указанную волну можно рассматривать в виде лучей 9. После отражения от рефлектора 1 эти лучи, поскольку они исходят из фокуса параболы, формируют в режиме передачи синфазное поле в раскрыве антенны и
35 направленное излучение 10 вдоль фокальной оси 8. Согласно принципу взаимности такие же обратные процессы происходят и в режиме приема.

На оси рефлектора 1, соосно ему, установлены вторичный рефлектор 4 в виде параболоида вращения и вторичный контррефлектор 5 в виде эллипсоида вращения.
40 В дальнем относительно вершины 4 фокусе вторичного контррефлектора 5, который является общим фокусом как для вторичного параболоидального рефлектора 4, так и эллипсоидального вторичного контррефлектора 5, установлен облучатель 6. При подключении к облучателю 6 генератора второго диапазона частот в раскрыве 4 также образуется синфазное поле. Это синфазное поле второго диапазона частот в виде
45 плоского фронта попадает в раскрыв контррефлектора 2 и, благодаря свойствам параболы, отражается контррефлектором 2 в его фокус, распространяется после его прохождения далее к раскрыву рефлектора 1. Благодаря свойствам параболы, образующей рефлектор 1, в раскрыве рефлектора 1 возникает синфазное поле второго

диапазона частот, формирующее направленное излучение (и приема) этого диапазона частот, совпадающее с направлением излучения и приема первого диапазона частот.

При подключении генератора третьего диапазона частот к облучателю 7, расположенному в ближнем к вершине 4 фокусе вторичного контррефлектора 5, поле облучателя 7 попадает на верхний и нижний края и другие точки поверхности вторичного контррефлектора 5, отражается на нижний, верхний край и другие точки рабочей поверхности вторичного рефлектора 4, проходя через фокус вторичного контррефлектора 5, общий с фокусом вторичного рефлектора 4. Плоский фронт волны от облучателя 7, вторичных рефлектора 4 и контррефлектора 5, образующих известную систему Грегори, попадает на контррефлектор 2, после отражения которым и прохождения через его фокус и фокус рефлектора 1 попадает в раскрыв рефлектора 1. Благодаря свойствам параболы, образующей рефлектор 1, поле третьего диапазона частот после отражения рефлектором 1 формирует направленное излучение (и прием) вдоль фокальной оси рефлектора 1.

По соседству с облучателями на оси аксиальной симметрии антенны первого 3, второго 6 и третьего 7 диапазонов частот могут быть размещены в плоскостях, ортогональных фокальной оси рефлектора 1, тройки дополнительных облучателей тех же диапазонов частот. Эти тройки облучателей расположены в точках ломаной линии 14, соединяющей точки стояния ИСЗ кластера ГСО для приема соответствующих частот. Многолучевая диаграмма направленности (ДН) формируется тройками облучателей 3, 6 и 7 при подключении к ним генераторов соответствующих частот. Согласно теореме взаимности, аналогичная тройка ДН антенны формируется так же для трех диапазонов частот и в режиме приема антенны.

Любой из облучателей 3, смещенный в плоскости, ортогональной фокальной оси 8, из фокуса контррефлектора 2 вдоль линии 14, подобной кривой, описывающей линию ГСО, также является источником первичных электромагнитных волн. В приближении геометрической оптики лучи, исходящие от облучателей 3, после последовательных отражений от рефлектора 1 в силу свойств кривой второго порядка типа параболы и смещения облучателей с фокальной оси антенны 8 формируют веер парциальных ДН антенны. Аналогичный веер ДН формируется от смещенных облучателей 6 второго диапазона частот и от смещенных облучателей 7 третьего диапазона частот. Смещение облучателей определяется угловым смещением точки размещения обслуживаемого ИСЗ на ГСО относительно точки размещения виртуального ИСЗ на ГСО в направлении оси парциальной ДН, формируемой облучателем, расположенным в фокусе параболоида.

Облучатели 3, 6 и 7 оказывают затеняющее воздействие на излучение друг друга. Вместе с тем, согласно геометрическим построениям хода лучей затеняющее действие облучателя 7, которое он оказывает на излучение облучателя 6, не превышает затенения от вторичного контррефлектора 5. Затеняющее воздействие облучателей 3 и 6 может быть минимизировано при соответствующем распределении диапазонов частот по облучателям. Если первый диапазон соответствует самым высоким частотам (например, Ка диапазон), второй диапазон - средним частотам (Ку диапазон), третий диапазон - низким частотам (С диапазон), то размеры облучателя 3 будут много меньше длин волн относительно второго и третьего диапазонов, а размеры облучателя 6 - много меньше длины волны третьего диапазона. В этом случае воздействие облучателей 3 и 6 на проходящие мимо них электромагнитные волны будет мало.

Для одновременной работы в нескольких диапазонах частот в известных антеннах используются облучатели, общие для нескольких диапазонов частот в совокупности с устройствами разделения диапазонов, вносящими дополнительные высокочастотные

потери, снижающие коэффициент использования и повышающие шумовую температуру антенны. В предлагаемой антенне разделение диапазонов частот осуществляется методом пространственного разделения приема на несколько облучателей 3, 6 и 7. Смещение облучателей в плоскости, ортогональной фокальной оси параболы, целесообразно при обслуживании узкого сектора углов ГСО, а отсутствие устройства разделения частот позволяет реализовать высокий коэффициент усиления антенны при малой шумовой температуре. Этим достигается повышение эффективности антенны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сподобаев М.Ю. Ключевые вызовы и основные тенденции развития отрасли спутниковой связи в среднесрочной перспективе. / SATCOMRUS 2017, 1 ноября 2017 г.
2. Фролов О.П., Вальд В.П. Зеркальные антенны для земных станций спутниковой связи. - М.: Горячая линия-Телеком, 2008. - 496 с: ил.
3. Каскад приемного устройства СВЧ с разделением частот ортогональных поляризацій двух диапазонов частот: Патент RU 2136088: МПК H01P 1/161, H04B 1/00. / А.М. Сомов, А.В. Пугачев; Заявка RU 98105930 от 17.03.1998 г.; Оpubл. 27.08.1999 г.
4. Многолучевая комбинированная зеркальная антенна: Патент RU 2627284: МПК H01Q 5/00. / А.М. Сомов; Заявка RU 2016127926 от 12.07.2016 г.; Оpubл. 04.08.2017 г.

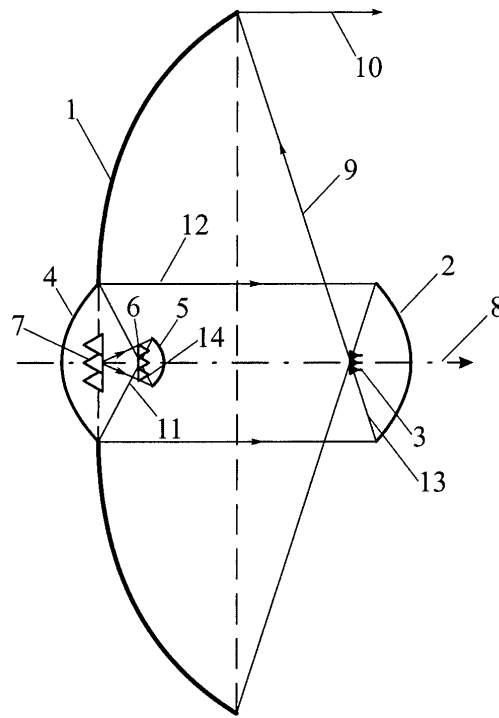
(57) Формула изобретения

Осесимметричная многодиапазонная многолучевая многозеркальная антенна, состоящая из основного зеркала-рефлектора с образующей в виде параболы, симметричного относительно ее фокальной оси, вспомогательного зеркала-контррефлектора, соосного параболе, и облучателей, отличающаяся тем, что контррефлектор имеет форму параболы, вогнутой в сторону от рефлектора, причем фокальная ось этой параболы является осью аксиальной симметрии антенны и одновременно осью симметрии контррефлектора, а в плоскости, проходящей через фокус ортогонально фокальной оси, установлены облучатели первого диапазона частот, на фокальной оси рефлектора соосно ему установлены осесимметричные вторичный рефлектор с сечением, подобным сечению рефлектора, и вторичный контррефлектор с сечением в виде эллипса, фокальная ось которого совпадает с осью аксиальной симметрии антенны, в плоскости, проходящей ортогонально указанной оси через фокус эллипса, дальний от вершины вторичного рефлектора и совпадающий с его фокусом, установлены облучатели второго диапазона частот, а в плоскости, проходящей ортогонально указанной оси через фокус эллипса, ближний к вершине вторичного рефлектора, установлены облучатели третьего диапазона частот.

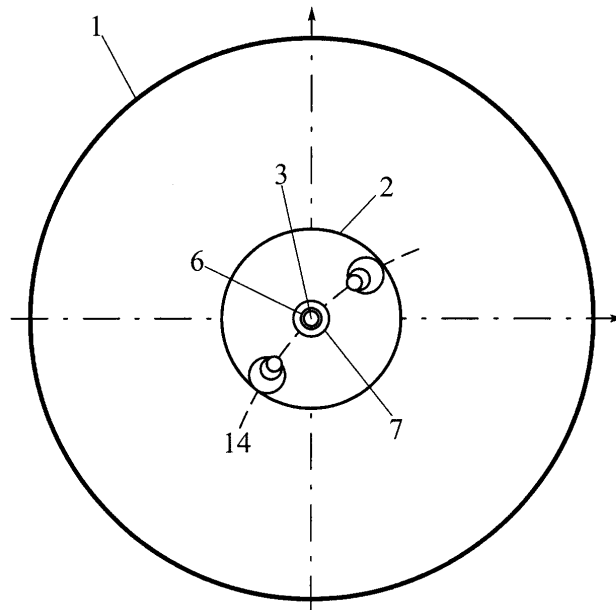
40

45

1



Фиг. 1



Фиг. 2