



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
H01Q 19/19 (2022.01)

(21)(22) Заявка: 2021119054, 29.06.2021

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
29.06.2021

Дата 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)

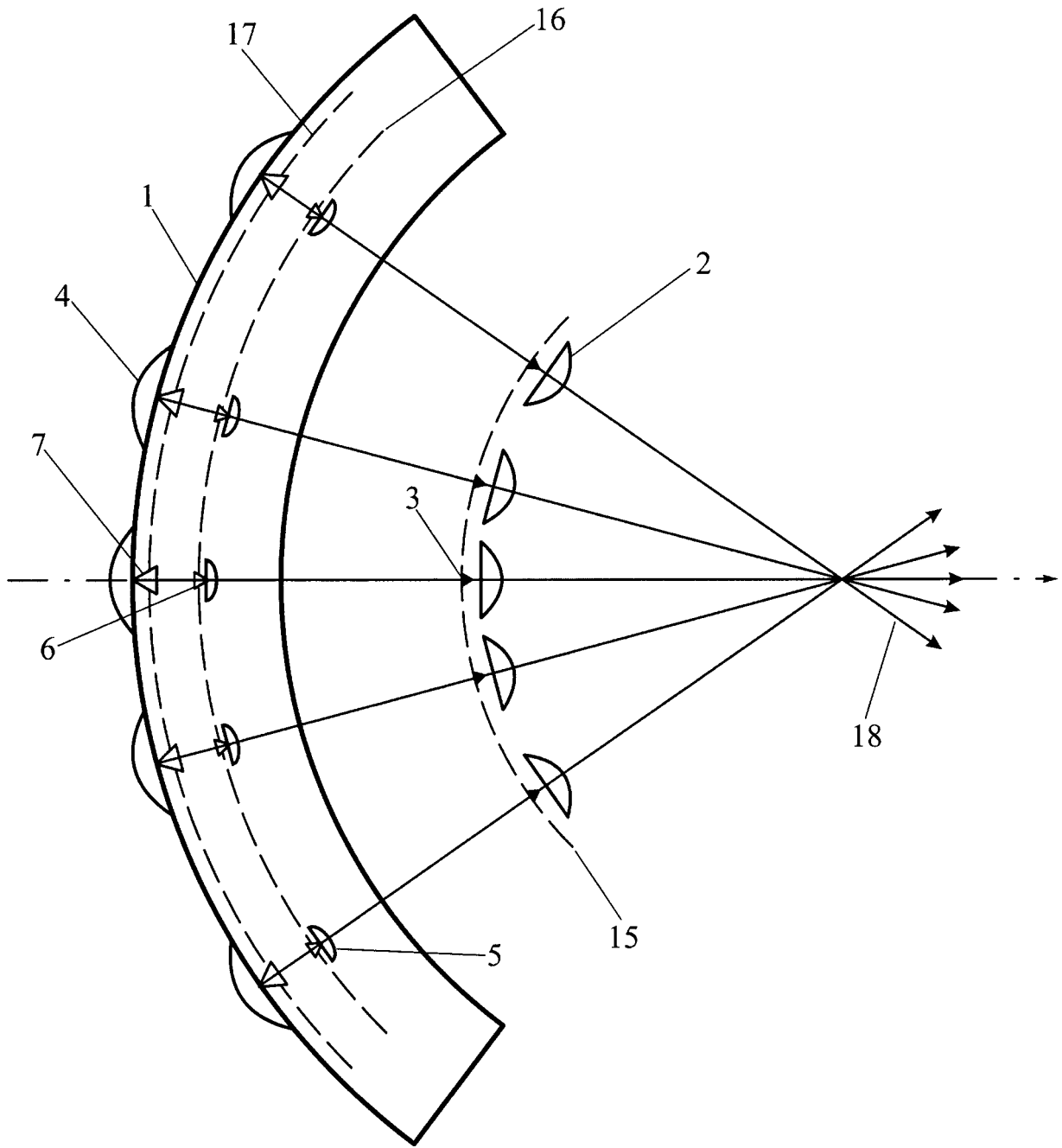
(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2620875 C1, 30.05.2017. RU 2664751 C1, 22.08.2018. RU 2664870 C1, 23.08.2018. EP 2359435 A4, 12.09.2012. WO 1999060656 A2, 25.11.1999. US 7522116 B2, 21.04.2009.

(54) Многолучевая многодиапазонная многозеркальная антенна с осесимметричными контррефлекторами

(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. Технический результат: повышение эффективности антенны при одновременном приеме радиоволн трех диапазонов частот. Сущность: многолучевая многодиапазонная многозеркальная антенна с осесимметричными контррефлекторами состоит из систем облучателей, расположенных на трех концентричных дугах окружностей, лежащих в одной поперечной плоскости, основного зеркала-рефлектора, имеющего в продольной плоскости, ортогональной плоскости дуг окружностей, форму параболы, осесимметричных вспомогательных зеркал-контррефлекторов и соосных с ними дополнительных осесимметричных зеркал-рефлекторов и зеркал-контррефлекторов. Первая дуга облучателей

проходит через фокус параболы, образующей рефлектор, и содержит облучатели первого диапазона частот. Сечение каждого контррефлектора имеет вид параболы, вогнутой в сторону от рефлектора, фокальная ось, являющаяся осью симметрии контррефлектора, и фокус которой совмещен соответственно с фокальной осью и фокусом параболы в сечении рефлектора. Сечение каждого дополнительного зеркала-рефлектора подобно сечению рефлектора, а его продольный размер совпадает с этим же размером соответствующего контррефлектора. Сечение каждого дополнительного зеркала-контррефлектора имеет вид эллипса, ближний фокус которого совпадает с фокусом дополнительного рефлектора. На дуге, проходящей через этот фокус, установлены облучатели второго диапазона частот. Облучатели третьего диапазона частот установлены на дуге, проходящей через дальний фокус эллипса. При этом фокальные оси дополнительных зеркал-рефлектора и зеркал-контррефлектора, являющиеся их осями симметрии, совмещены с фокальной осью соответствующего контррефлектора. 2 ил.



Фиг. 2



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC  
*H01Q 19/19 (2022.01)*

(21)(22) Application: **2021119054, 29.06.2021**

(24) Effective date for property rights:  
**29.06.2021**

Registration 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) **MULTIBEAM MULTIBAND MULTIMIRROR ANTENNA WITH AXISYMMETRIC COUNTER-REFLECTORS**

(57) Abstract:

FIELD: radio engineering.

SUBSTANCE: invention relates to the field of radio engineering and is intended for use as antennae of earth stations of satellite communication systems with repeaters of SHF-EHF ranges located on a geostationary orbit, for simultaneous operation with several artificial the Earth satellites, each of which operates simultaneously in three frequency ranges. Multibeam multiband multimirror antenna with axisymmetric counter-reflectors consists of systems of radiators located on three concentric arcs of circles lying in one transverse plane, main mirror-reflector, having in the longitudinal plane, orthogonal to the plane of circular arcs, the shape of a parabola, axisymmetric auxiliary mirrors-counter-reflectors and coaxial with them additional axisymmetric mirrors-reflectors and mirrors-counter-reflectors. First arc of the radiators passes through the focus of the parabola forming the reflector and comprises the radiators of the first frequency range. Cross-section of each counter-reflector has the form of a parabola concave to the side of the reflector, the focal

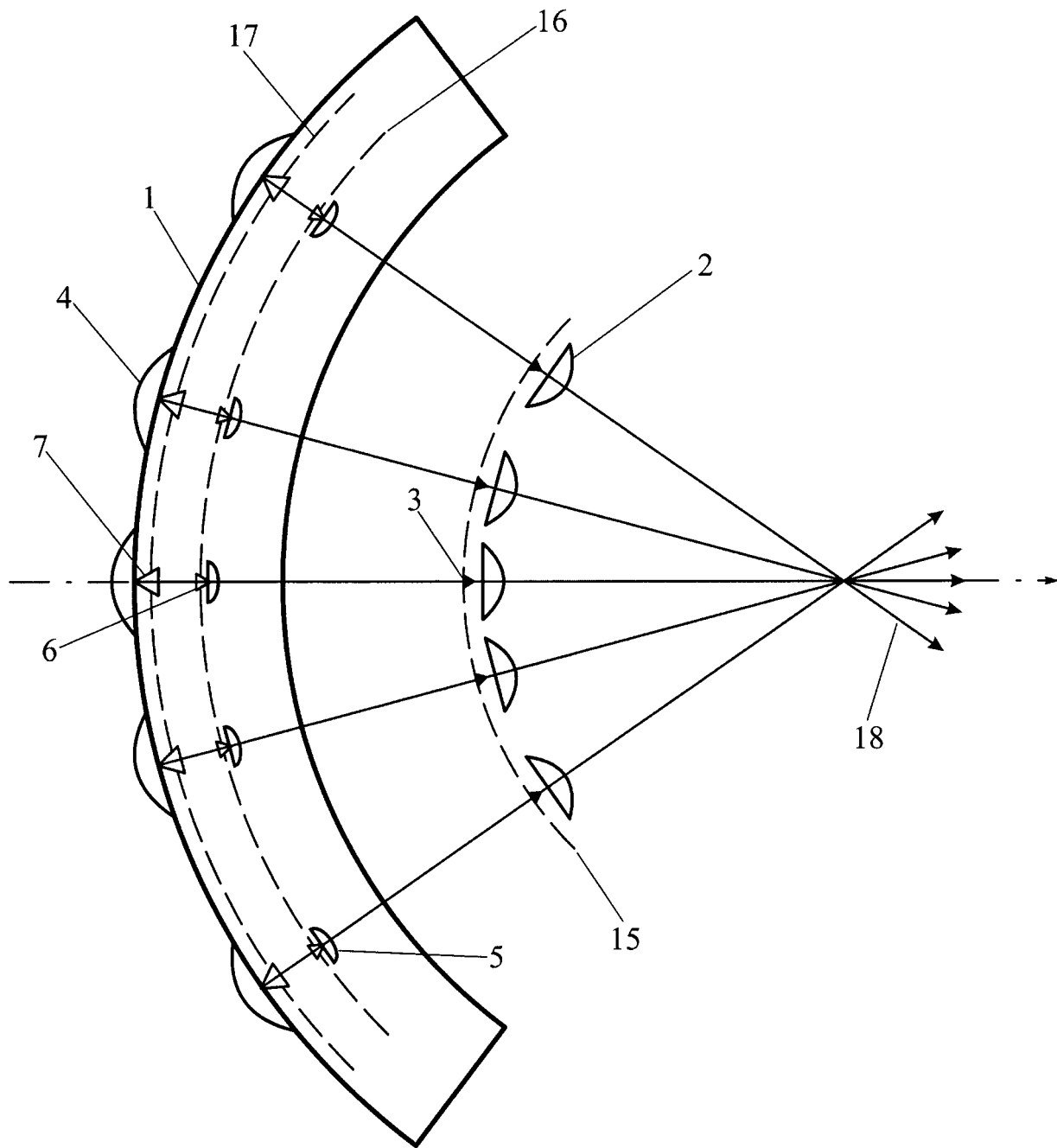
axis, which is the axis of symmetry of the counter-reflector, and the focus of which is aligned with the focal axis and the focus of the parabola in the cross-section of the reflector. Cross-section of each additional mirror-reflector is similar to the cross-section of the reflector, and its longitudinal size coincides with the same size of the corresponding counter-reflector. Cross-section of each additional mirror-counter-reflector has the form of an ellipse, the near focus of which coincides with the focus of the additional reflector. On the arc passing through this focus there are radiators of the second frequency range. Irradiators of the third frequency range are installed on the arc passing through the far focus of the ellipse. Focal axes of the additional reflector mirror and the counter-reflector mirror, which are their axes of symmetry, are aligned with the focal axis of the corresponding counter-reflector.

EFFECT: high efficiency of the antenna at simultaneous reception of radio waves in three frequency ranges.

1 cl, 2 dwg

RU 2 776 724 C1

RU 2 776 724 C1



Фиг. 2

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 симметричные двухзеркальные тороидально-параболические антенны типа Кассегрена [2] и аналогичные [3], состоящие из параболического зеркала - рефлектора в виде симметричной вырезки из параболического тора, вспомогательного зеркала - контррефлектора в виде симметричной вырезки из эллиптического либо гиперболического тора, соосного рефлектору, и облучателей. При этом фокус параболы рефлектора и совмещенный с ним фокус контррефлектора при вращении относительно оси, ортогональной фокальной, описывают дугу окружности аналогичную дуге, проходящей через второй фокус параболы. На дуге вторых фокусов размещаются облучатели, создающие многолучевой веер диаграмм направленности. Такие антенны позволяют организовывать радиосвязь через несколько ИСЗ на ГСО одновременно в нескольких частотных диапазонах с использованием устройств разделения диапазонов частот [4, 5]. К недостаткам такой антенны относится пониженная ее эффективность при одновременном приеме нескольких диапазонов на один облучатель, обусловленная потерями электромагнитной энергии в устройстве разделения диапазонов частот.

Известны так же многолучевые диапазонные зеркальные антенны [6, 7], позволяющие вести одновременный прием двух диапазонов частот без применения устройства разделения диапазонов. Однако такие антенны не позволяют одновременную в трех диапазонах частот работу с каждым из ИСЗ на ГСО.

Раскрытие сущности изобретения

Технический результат предлагаемого изобретения заключается в повышении эффективности антенны при сохранении веерных диаграмм направленности и одновременном приеме трех диапазонов частот с каждого направления. Для этого предлагается многолучевая многодиапазонная многозеркальная антенна с осесимметричными контррефлекторами, состоящая из систем облучателей, расположенных на трех концентричных дугах окружностей, лежащих в одной поперечной плоскости, основного зеркала-рефлектора, имеющего в продольной плоскости, ортогональной плоскости дуг окружностей, форму параболы, осесимметричных вспомогательных зеркал-контррефлекторов и соосных с ними дополнительных осесимметричных зеркал-рефлекторов и зеркал-контррефлекторов. Первая дуга облучателей проходит через фокус параболы, образующей рефлектор, и содержит облучатели первого диапазона частот. Сечение каждого контррефлектора имеет вид параболы, вогнутой в сторону от рефлектора, фокальная ось, являющаяся осью симметрии контррефлектора, и фокус которой совмещены соответственно с фокальной осью и фокусом параболы в сечении рефлектора. Сечение каждого дополнительного зеркала-рефлектора подобно сечению рефлектора, а его продольный размер совпадает с этим же размером соответствующего контррефлектора. Сечение

каждого дополнительного зеркала-контррефлектора имеет вид эллипса, ближний фокус которого совпадает с фокусом дополнительного рефлектора. На дуге, проходящей через этот фокус, установлены облучатели второго диапазона частот. Облучатели третьего диапазона частот установлены на дуге, проходящей через дальний фокус эллипса. При этом фокальные оси дополнительных зеркала-рефлектора и зеркала-контррефлектора, являющиеся их осями симметрии, совмещены с фокальной осью соответствующего контррефлектора.

Краткое описание чертежей

Изобретение поясняется чертежами, на которых:

- фиг. 1 - продольное сечение многолучевой многодиапазонной многозеркальной антенны;

- фиг. 2 - поперечное сечение многолучевой многодиапазонной многозеркальной антенны.

На чертежах обозначено:

1 - рефлектор;

2 - осесимметричный контррефлектор;

3 - облучатели первого диапазона частот;

4 - дополнительный осесимметричный рефлектор;

5 - дополнительный осесимметричный контррефлектор;

6 - облучатель второго диапазона частот;

7 - облучатель третьего диапазона частот;

8 - направление фокальной оси сечения антенны;

9 - направление лучей на края рефлектора от облучателей первого, второго и третьего диапазонов частот;

10 - направление излучения антенны от облучателей 3, 6 и 7;

11 - направление лучей на края дополнительного рефлектора от облучателей 6 и 7;

12 - направление излучения дополнительного рефлектора на контррефлектор;

13 - направление лучей облучателей 6 и 7 от краев контррефлектора 2 на края рефлектора;

14 - направление лучей облучателя 7 и дополнительного контррефлектора на края дополнительного рефлектора;

15 - дуга размещения облучателей первого диапазона частот;

16 - дуга размещения облучателей второго диапазона частот;

17 - дуга размещения облучателей третьего диапазона частот;

18 - многолучевой многодиапазонный веер диаграмм направленности.

Осуществление изобретения

Многолучевая многодиапазонная многозеркальная антенна с рефлектором 1 в виде параболического тора, осесимметричными контррефлекторами 2, а также дополнительными осесимметричными параболоидальными рефлекторами 4 и эллипсоидальными контррефлекторами 5 с совпадающими фокальными осями образующих парабол и эллипса содержат облучатель 3 первого диапазона частот (фиг. 1) и ему подобные, расположенные в совпадающих фокусах парабол 1 и 2, образующих дугу окружности облучателей первого диапазона частот 15.

При подключении к облучателю 3 и ему подобным генератора первого диапазона частот облучатель 3 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 (а согласно принципу взаимности и в режиме приема) направленное излучение 10 вдоль фокальной оси 8.

При подключении генератора второго диапазона частот к облучателю 6 и ему подобных, расположенных на дуге облучателей 16, проходящей через фокусы дополнительного контррефлектора 5 и дополнительного рефлектора 4, этот облучатель излучает сферическую волну в направлении рефлектора 4. После отражения от рефлектора 4 лучи 11, поскольку они исходят из фокуса параболы, становятся параллельными фокальной оси 8, образуя при этом плоскую волну. Лучи 12, соответствующие плоской волне, достигают контррефлектора 2 и, отражаясь от его параболической поверхности, после пересечения лучей 13 в совпадающих фокусах поверхностей 1 и 2 попадают из фокуса 2 в виде расходящейся сферической волны на поверхность 1, формируя вдоль фокальной оси 8 направленное излучение 10 второго диапазона частот.

Генератор третьего диапазона частот подключается к облучателю 7 и ему подобным, расположенным на дуге облучателей 17, проходящей через фокус дополнительного эллиптического контррефлектора 5, удаленный от вершины дополнительного параболического рефлектора 4 и совпадающего с его фокусом. Согласно свойствам эллипса 5 расстояния от фокуса размещения облучателя 7 до любой точки эллипса и далее до второго фокуса эллипса, совпадающего с фокусом дополнительного рефлектора 4, равны. Поэтому лучи 14, исходящие из облучателя 7, кажутся исходящими из второго фокуса эллипса и, таким образом, при отражении от 4 формируют плоскую волну с лучами 12. Плоская волна третьего диапазона частот достигает параболического контррефлектора 2, после отражения от него и прохождения сферической волны через его фокус попадает на рефлектор 1. В результате отражения этой волны рефлектором 1 в раскрыве антенны вдоль оси 8 формируется направленное излучение третьего диапазона частот.

В то же время в поперечной плоскости (фиг. 2) облучатели 3, 6 и 7 формируют многолучевой многодиапазонный веер парциальных диаграмм направленности (ДН) антенны, направленных каждая на свой ИСЗ. Облучатели первого диапазона частот 3, облучатели второго диапазона частот облучатели 6 и облучатели третьего диапазона частот 7 могут лежать на радиусах, общих для дуг окружностей 15, 16 и 17. В этом случае лучи веера парциальных ДН антенны от всех облучателей совпадают по направлению.

В поперечной плоскости облучатели первого диапазона частот, как правило, расположены на половине радиуса дуги окружности рефлектора 1, равному удвоенному фокусному расстоянию параболы 1.

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 дополнительного 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, Ka диапазон), второй диапазон - средним частотам (Ku диапазон), третий диапазон - низким частотам (C 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, что повышает эффективность антенны.

Кроме того, в известных тороидальных антеннах контррефлектор, как и рефлектор, имеет тороидальную форму. В предлагаемой антенне контррефлекторы, а также дополнительные рефлекторы и контррефлекторы имеют осесимметричную форму и их площадь в совокупности меньше, чем у тороидального контррефлектора, что уменьшает затенение рефлектора и повышает эффективность 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. Сомов А.М., Кабетов Р.В. Многолучевые зеркальные антенны: геометрия и методы анализа. - М.: Горячая линия-Телеком, 2019. - 384 с: ил.

3. Зеркальная антенна: Патент RU 2173496: МПК H01Q 19/19. / В.А. Калашин; Заявка 200117951/09 от 10.07.2000 г.; Оpubл. 10.09.2001 г.

4. Фролов О.П., Вальд В.П. Зеркальные антенны для земных станций спутниковой связи. - М.: Горячая линия-Телеком, 2008. - 496 с: ил.

5. Каскад приемного устройства СВЧ с разделением частот ортогональных поляризаций 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.

6. Многолучевая диапазонная зеркальная антенна: Патент RU 2620875: МПК H01Q 19/19. / А.М. Сомов; Заявка RU 2016129028 от 15.07.2016 г.; Оpubл. 30.05.2017 г.

7. Ненаклонная многолучевая диапазонная двухзеркальная антенна: Патент RU 2664870: МПК H01Q 5/00. / М.А. Сомов, К.М. Волгаткин, А.М. Сомов; Заявка RU 2017140173 от 20.11.2017 г.; Оpubл. 23.08.2018 г.

#### (57) Формула изобретения

Многолучевая многодиапазонная многозеркальная антенна с осесимметричными контррефлекторами, состоящая из систем облучателей, расположенных на трех концентричных дугах окружностей, лежащих в одной поперечной плоскости, основного зеркала-рефлектора, имеющего в продольной плоскости, ортогональной плоскости дуг окружностей, форму параболы, осесимметричных вспомогательных зеркал-контррефлекторов и соосных с ними осесимметричных дополнительных зеркал-рефлекторов и зеркал-контррефлекторов, отличающаяся тем, что первая дуга облучателей проходит через фокус параболы, образующей рефлектор, и содержит облучатели первого диапазона частот, сечение каждого контррефлектора имеет вид параболы, вогнутой в сторону от рефлектора, фокальная ось, являющаяся осью симметрии контррефлектора, и фокус которой совмещены соответственно с фокальной осью и фокусом параболы в сечении рефлектора, сечение каждого дополнительного зеркала-рефлектора подобно сечению рефлектора, а его продольный размер совпадает с этим же размером соответствующего контррефлектора, сечение каждого дополнительного зеркала-контррефлектора имеет вид эллипса, ближний фокус которого совпадает с фокусом дополнительного рефлектора, на дуге, проходящей через этот фокус, установлены облучатели второго диапазона частот, а облучатели третьего



диапазона частот установлены на дуге, проходящей через дальний фокус эллипса, причем фокальные оси дополнительных зеркала-рефлектора и зеркала-контррефлектора, являющиеся их осями симметрии, совмещены с фокальной осью соответствующего контррефлектора.

5

10

15

20

25

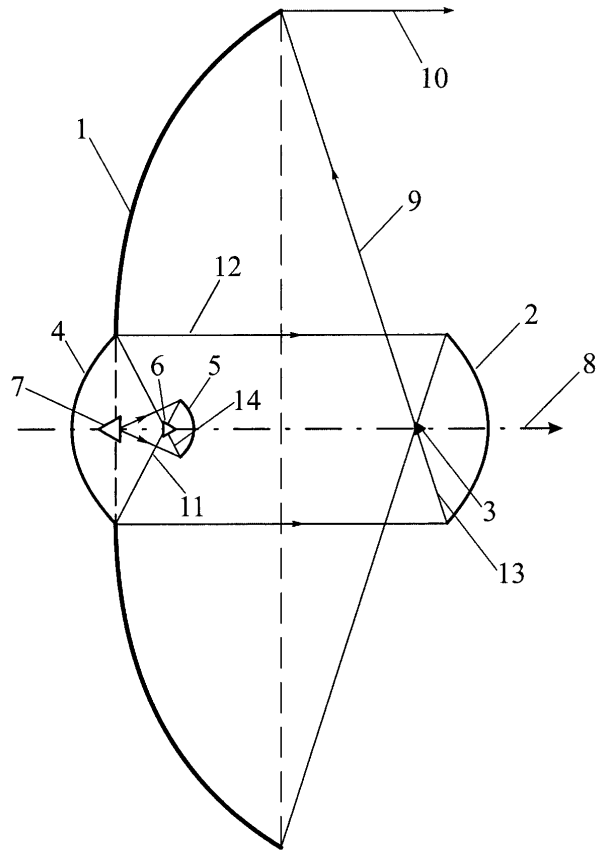
30

35

40

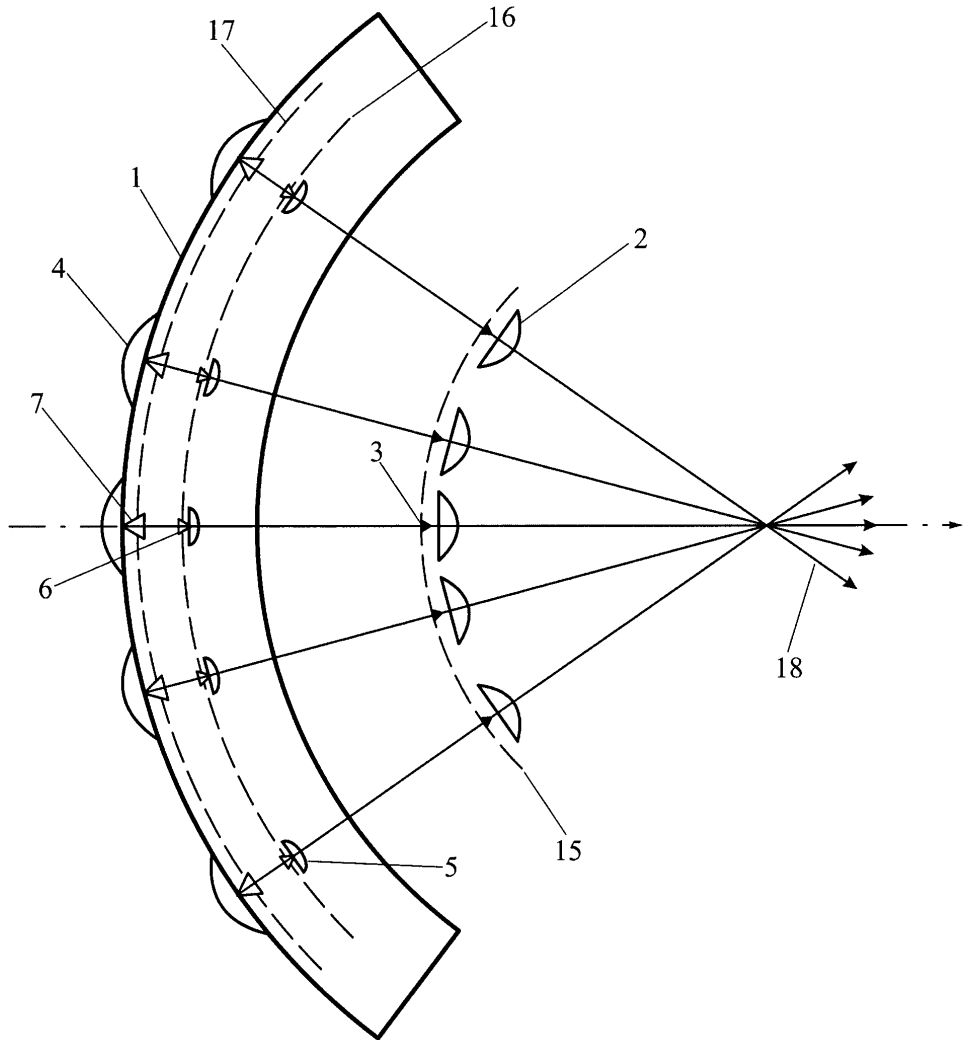
45

1



Фиг. 1

2



Фиг. 2