



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

G01S 13/66 (2019.02); G01S 7/40 (2019.02); G01S 7/4026 (2019.02); G01S 19/35 (2019.02); G01S 19/40 (2019.02); H01Q 15/00 (2019.02); G02B 5/10 (2019.02)

(21)(22) Заявка: 2018135935, 10.10.2018

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
10.10.2018Дата регистрации:
17.07.2019

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 10.10.2018

(45) Опубликовано: 17.07.2019 Бюл. № 20

Адрес для переписки:

199178, Санкт-Петербург, В.О., Большой пр.,
61, ФГБУН Институт проблем машиноведения
Российской академии наук (ИПМаш РАН),
директору А.К. Беляеву

(72) Автор(ы):

Городецкий Андрей Емельянович (RU),
Курбанов Вугар Гариб оглы (RU),
Тарасова Ирина Леонидовна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
учреждение наук Институт проблем
машиноведения Российской академии наук
(ИПМаш РАН) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете

о поиске: RU 2518398 C1, 10.06.2014. RU
2664792 C1, 22.08.2018. RU 2449436 C1,
27.04.2012. RU 2421765 C1, 20.06.2011. US
9065173 B2, 23.06.2015. EP 275062 A, 20.07.1988.
US 20070126629 A1, 07.06.2007.

(54) СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ ОТРАЖАЮЩИХ ЗЕРКАЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ АНТЕННЫ КОСМИЧЕСКОГО РАДИОТЕЛЕСКОПА

(57) Реферат:

Изобретение относится к антенным системам космических радиотелескопов, а именно к способам формирования их отражающих поверхностей с настройкой к длине принимаемых антенной радиоволн. Достижимый технический результат - повышение коэффициента использования (КИП) антенны. Указанный результат достигается за счет настройки поверхностей антенны на рабочий диапазон частот, отсутствия весовых и ветровых деформаций элементов конструкции антенн и устранения влияния астрономического климата Земли путем установки отражающих поверхностей антенны на спутниках Земли. При этом измеряют положения щитов, образующих отражающую поверхность главного зеркала антенны, строят в компьютере положения щитов главного зеркала для каждого щита, чтобы фокусное расстояние и положение основания каждого параболоида минимально отличалось

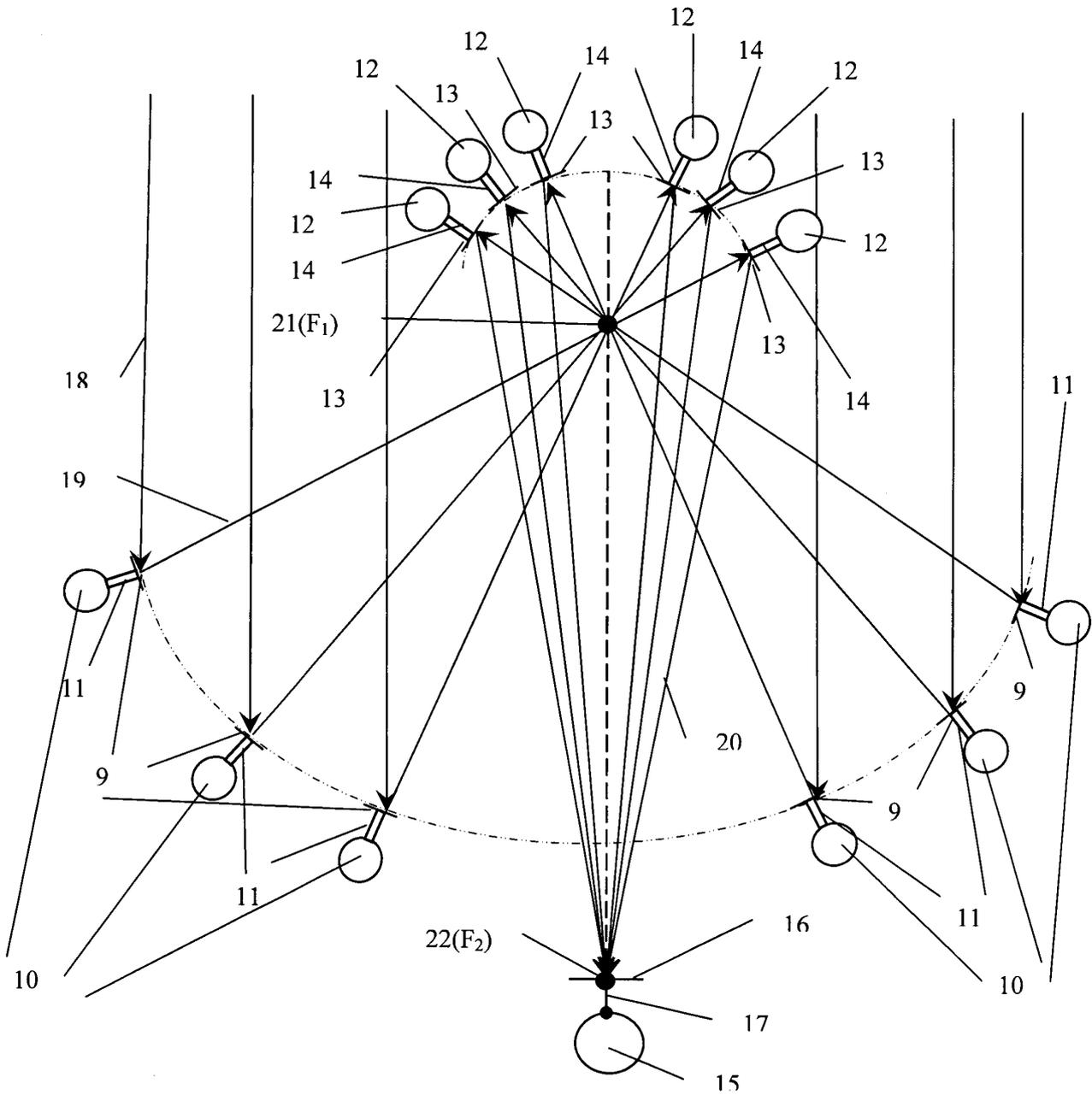
от соседнего и при этом разности между их фокусными расстояниями были кратны длине волны принимаемого антенной радиоизлучения. Вычисляют отклонения каждого щита главного зеркала от соответствующего аппроксимирующего параболоида, по вычисленным отклонениям перемещают каждый щит в сторону минимизации этих отклонений, измеряют положение каждого щита контррефлектора и по ходу отраженных лучей от щитов главного зеркала в сторону контррефлектора и хода отраженных лучей от поверхностей щитов контррефлектора вычисляют рассогласование крайних лучей, перемещают каждый щит в сторону уменьшения рассогласований. Приемник излучения устанавливают на управляемом элементе, управляемые элементы щитов отражающих поверхностей главного зеркала и контррефлектора, а также приемника излучения

выполняют в виде, например, гексаподов, устанавливаемых на спутниках Земли, которые выводят на соответствующую орбиту. Спутники с закрепленными элементами щитов контррефлектора помещают на орбиту так, чтобы поверхность, проведенная через щиты контррефлектора, была близкой к эллипсоиду и все отраженные от щитов контррефлектора лучи

через вторичный фокус попадали на чувствительную поверхность приемника излучения. При этом центр приемника излучения как можно точнее совпадает с вторичным фокусом антенны, а после окончания перемещения щитов контррефлектора приемник излучения перемещают до совпадения его центра с положением вторичного фокуса антенны. 7 ил.

RU 2694813 C1

RU 2694813 C1



Фиг.2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

G01S 13/66 (2019.02); *G01S 7/40* (2019.02); *G01S 7/4026* (2019.02); *G01S 19/35* (2019.02); *G01S 19/40* (2019.02); *H01Q 15/00* (2019.02); *G02B 5/10* (2019.02)

(21)(22) Application: **2018135935, 10.10.2018**(24) Effective date for property rights:
10.10.2018Registration date:
17.07.2019

Priority:

(22) Date of filing: **10.10.2018**(45) Date of publication: **17.07.2019** Bull. № 20

Mail address:

**199178, Sankt-Peterburg, V.O., Bolshoj pr., 61,
FGBUN Institut problem mashinovedeniya
Rossijskoj akademii nauk (IPMash RAN),
direktoru A.K. Belyaevu**

(72) Inventor(s):

**Gorodetskij Andrej Emelyanovich (RU),
Kurbanov Vugar Garib ogly (RU),
Tarasova Irina Leonidovna (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe byudzhethnoe
uchrezhdenie nauk Institut problem
mashinovedeniya Rossijskoj akademii nauk
(IPMash RAN) (RU)**

(54) **METHOD OF REFLECTING MIRROR SURFACES FORMATION OF SPACE RADIO TELESCOPE ANTENNA**

(57) Abstract:

FIELD: antenna equipment.

SUBSTANCE: invention relates to antenna systems of space radio telescopes, specifically to methods of forming their reflecting surfaces with tuning to length of radio waves received by antenna. Result is achieved due to adjustment of antenna surfaces on operating frequency range, absence of weight and wind deformations of antenna structure elements and elimination of Earth's astronomical climate effect by installation of reflecting antenna surfaces on Earth satellites. At that, positions of shields forming the reflecting surface of the main antenna mirror are measured, the positions of shields of the main mirror are built in the computer for each shield so that the focal distance and position of the base of each paraboloid is minimally different from the neighboring one and wherein the differences between their focal distances are a multiple of the wavelength of the radio-frequency received by the antenna. Deviations of each shield of the main mirror from the corresponding approximating

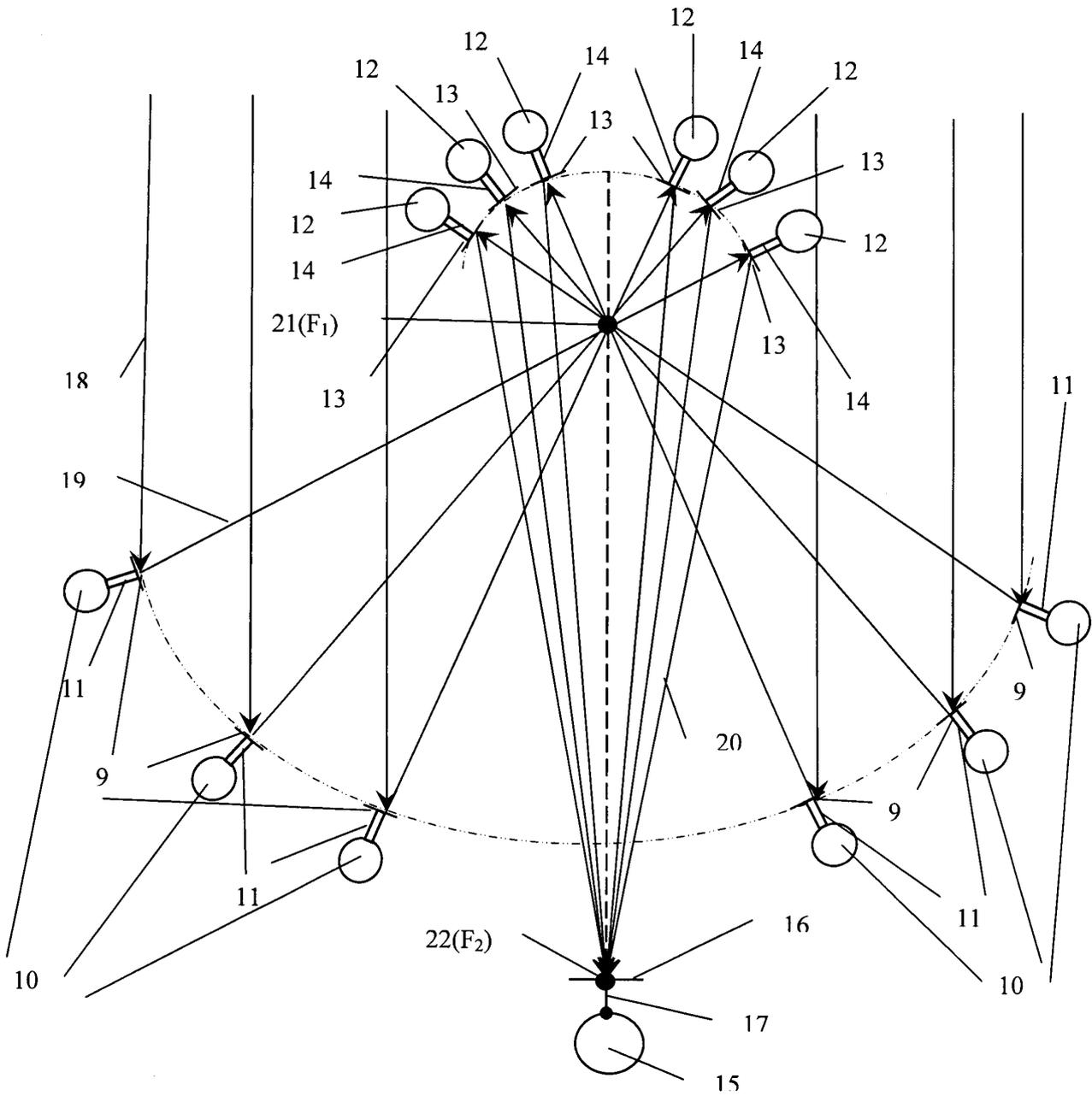
paraboloid are calculated, according to the calculated deviations, each shield is moved towards minimization of these deviations, position of each shield of the convergent reflector is measured, and along the direction of the reflected beams from the shields of the main mirror towards the side of the reflector and the path of the reflected beams from the surfaces of the shields of the reflector, the mismatch of the extreme beams is calculated, each shield is moved towards reduction of mismatches. Radiation receiver is installed on the controlled element, the controlled elements of the shields of the reflecting surfaces of the main mirror and the convergent reflector, as well as the radiation receiver are made in the form of, for example, hexapods installed on satellites of the Earth, which are brought out to the corresponding orbit. Satellites with fixed elements of reflecting shields are placed in orbit so that surface, which is passed through shields of the reflector, is close to ellipsoid and all beams reflected from shields of reflector through secondary focus fell on sensitive

surface of radiation receiver. Center of the radiation receiver coincides with the secondary focus of the antenna as accurately as possible, and after the transfer of the reflector shields, the radiation receiver is moved until its center coincides with the position of the

secondary focus of the antenna.

EFFECT: achieved technical result is increase in the antenna utilization coefficient.

1 cl, 7 dwg



Фиг.2

RU 2694813 C1

RU 2694813 C1

Изобретение относится к антенным системам космических радиотелескопов, а именно к способам формирования их отражающих поверхностей с настройкой к длине принимаемых антенной радиоволн.

Известен способ формирования отражающей поверхности основного зеркала многодиапазонных двухзеркальных антенн (ДЗА), образуемой параболическими щитами, расположенными в N ярусов, при котором для каждого яруса вычисляют оптимальный теоретический параболоид, обеспечивающий максимальное значение апертурного коэффициента использования поверхности (КИП), определяют максимально допустимое отклонение положения щитов каждого яруса и перемещают щиты таким образом, чтобы минимизировать максимальное отклонения профиля результирующей зеркальной поверхности основного зеркала от вычисленного теоретического (Раздоркин Д.Я., Романенко М.В. Алгоритм оптимизации двухзеркальной антенны с рефлектором из параболических щитов. Журнал радиоэлектроники, №4, 2000) [1].

Недостатком такого способа является снижение КИП из-за отсутствия адаптации поверхности к возмущающим параметрам, например к ветровым и весовым деформациям на земле, что может вызывать существенное снижение КИП у антенн с большой площадью поверхностей.

Также известен способ формирования отражающих поверхностей антенн больших радиотелескопов миллиметровых волн, при котором щиты отражающих поверхностей главного зеркала устанавливаются на управляющие элементы, измеряют положение щитов, образующих отражающую поверхность главного зеркала антенны, строят в компьютере по измеренным значениям, например методом наименьших квадратов, поверхность аппроксимирующего параболоида, вычисляют отклонения каждого щита от упомянутого аппроксимирующего параболоида и по вычисленным отклонениям с помощью системы автоматического управления перемещают каждый щит в сторону минимизации этих отклонений, затем измеряют положение второго зеркала (контррефлектора), вычисляют отклонение его измеренного положения от его оптимального положения, согласованного с построенной ранее поверхностью аппроксимирующего параболоида, и, с помощью системы автоматического управления перемещают контррефлектор в сторону минимизации указанного отклонения (RU Патент №2319171, Система автоматического наведения радиотелескопа, G01S, от 17.07.2006 г., бюл. №7, 2008 г.) [2].

Недостатком такого способа является отсутствие адаптации зеркальных поверхностей к изменению длины принимаемых антенной радиоволн и большой диапазон перемещений верхних щитов главного зеркала при адаптации к различным возмущениям, например весовым деформациям, что приводит к снижению КИП.

Наиболее близким к предлагаемому по технической сущности является способ формирования отражающих поверхностей антенны, в котором для повышения КИП при значительном разбросе рабочих диапазонов частот и больших весовых и ветровых деформаций элементов конструкции антенн щиты отражающих поверхностей главного зеркала устанавливаются на управляющие элементы, измеряют положение щитов, образующих отражающую поверхность главного зеркала антенны, строят в компьютере по измеренным значениям положения щитов, например методом наименьших квадратов, поверхность аппроксимирующего параболоида, вычисляют отклонения каждого щита от упомянутого аппроксимирующего параболоида и по вычисленным отклонениям с помощью системы автоматического управления минимизации этих отклонений. Щиты отражающих поверхностей второго зеркала (контррефлектора) также устанавливают

на управляющие элементы, по измеренным значениям положений щитов главного зеркала для каждого щита строят в компьютере свой аппроксимирующий параболоид таким образом, чтобы фокусное расстояние и положение основания каждого параболоида минимально отличалось от соседнего и при этом разности между их фокусными расстояниями были кратны длине волны принимаемого антенной радиоизлучения, и вычисляют отклонения каждого щита от соответствующего своего аппроксимирующего параболоида, после окончания перемещений щитов главного зеркала измеряют положения каждого щита контррефлектора, строят в компьютере модель хода лучей, отраженных от щитов главного зеркала в сторону контррефлектора, и хода отраженных лучей от поверхностей щитов контррефлектора и вычисляют рассогласования крайних лучей, отраженных от щитов главного зеркала, с положениями соответствующих краев отражающих поверхностей щитов контррефлектора и с помощью системы автоматического управления перемещают каждый щит контррефлектора в сторону уменьшения указанных рассогласований таким образом, чтобы положения их фокусов минимально расходились между собой и с положением вторичного фокуса зеркальной системы и (или) с положением приемника излучения при условии, что длины лучей, представляющих собой оптические пути от первичного фокуса до отражающих поверхностей щитов контррефлектора и расхождения между ними, а так же длины лучей, представляющих собой оптические пути от отражающих поверхностей щитов контррефлектора до вторичного фокуса и расхождения между ними были кратны длине волны принимаемого излучения. (RU Патент №2518398, Способ адаптации отражающих поверхностей антенны, G01S, от 20.11.2012 г, бюл. №16, 10.06.2014 г.) [3].

Недостатком такого способа является сильное влияние астрономического климата места установки антенны на КИП антенны в момент астрономических наблюдений.

Задачей изобретения является повышение КИП за счет настройки отражающих поверхностей антенны на длину волны принимаемого излучения и устранения влияния астрономического климата Земли, преимущественно в миллиметровом диапазоне длин волн за счет установки отражающих поверхностей антенны на спутники Земли

Технический результат от повышения КИП антенны состоит в достижении высоких значений апертурного КИП за счет настройки поверхностей антенны на рабочий диапазон частот, отсутствия весовых и ветровых деформаций элементов конструкции антенн и устранения влияния астрономического климата Земли путем установки отражающих поверхностей антенны на спутники Земли.

Указанная задача решается за счет того, что в предлагаемом способе, как и в способе принятом за прототип, щиты отражающих поверхностей главного зеркала и контррефлектора устанавливаются на управляемые элементы, измеряют положения щитов, образующих отражающую поверхность главного зеркала антенны, строят в компьютере по измеренным значениям положения щитов главного зеркала для каждого щита, например методом наименьших квадратов своих аппроксимирующих параболоидов, таким образом, чтобы фокусное расстояние и положение основания каждого параболоида минимально отличалось от соседнего и при этом разности между их фокусными расстояниями были кратны длине волны принимаемого антенной радиоизлучения, вычисляют отклонения каждого щита главного зеркала от соответствующего своего аппроксимирующего параболоида, и по вычисленным отклонениям с помощью системы автоматического управления перемещают каждый щит в сторону минимизации этих отклонений, а после окончания перемещений щитов главного зеркала измеряют положения каждого щита контррефлектора, строят в

компьютере модели хода лучей, отраженных от щитов главного зеркала в сторону контррефлектора и хода отраженных лучей от поверхностей щитов контррефлектора, вычисляют рассогласования крайних лучей, отраженных от щитов главного зеркала, с положениями соответствующих краев отражающих поверхностей щитов контррефлектора и, с помощью системы автоматического управления, перемещают каждый щит контррефлектора в сторону уменьшения указанных рассогласований таким образом, чтобы положения их фокусов минимально расходились между собой, с положением вторичного фокуса зеркальной системы и с положением приемника излучения при условии, что длины лучей, представляющих собой оптические пути от первичного фокуса до отражающих поверхностей щитов контррефлектора и расхождения между ними, а также длины лучей, представляющих собой оптические пути от отражающих поверхностей щитов контррефлектора до вторичного фокуса и расхождения между ними были кратны длине волны принимаемого излучения,

В отличие от известного в предлагаемом способе приемник излучения устанавливается на управляемом элементе, управляемые элементы щитов отражающих поверхностей главного зеркала и контррефлектора, а также приемника излучения выполняют например в виде гексаподов, устанавливаемых на спутниках земли, выводимых на орбиту, например геостационарную, таким образом, чтобы поверхность, проведенная через щиты главного зеркала, была близкой к параболической и чтобы лучи, идущие от плоскости фронта принимаемого антенной радиоизлучения и падающие на поверхности щитов главного зеркала собирались в первичном фокусе антенны и затем падали на щиты контррефлектора, причем спутники, на которых закреплены управляемые элементы щитов контррефлектора, помещают на орбиту, например геостационарную, так чтобы поверхность, проведенная через щиты контррефлектора, была близкой к эллипсоиду и чтобы все отраженные от щитов контррефлектора лучи собирались во вторичном фокусе и попадали на чувствительную поверхность радиоприемника, причем спутник, на котором закреплен управляемый элемент приемника, помещают на орбиту, например геостационарную так, чтобы центр приемника излучения как можно точнее совпадал со вторичным фокусом антенны, а после окончания перемещения щитов контррефлектора приемник излучения перемещают с помощью системы автоматического управления до совпадения его центра с положением вторичного фокуса антенны.

Сущность предлагаемого способа поясняется чертежами, где на фиг. 1 изображена схема вывода на орбиту спутников, несущих элементы конструкций щитов основного зеркала, контррефлектора и приемника излучения, на фиг. 2 - схема расположения группировок спутников в пространстве при совмещении со схемой зеркальной системы антенны, на фиг. 3 - блок - схема системы управления формированием антенны из группировки спутников, на фиг. 4 - блок - схема системы фокусировки антенны, на фиг. 5 - схема хода лучей принимаемого излучения при фокусировке, на фиг. 6 - блок - схема системы автоматического управления положением подвижной платформы управляющего элемента, на фиг. 7 - общий вид управляющего элемента (гексапода).

На схеме запуска спутников на орбиту (фиг. 1) показаны фаза 1, 2 старта ракетносителя спутника, фаза 2, 3 выхода на околоземную орбиту, фаза 4, 5, 6 выхода на геостационарную орбиту и фаза 6, 7, 8 схода, либо удержания на орбите.

Схема формирования зеркальной системы антенны (фиг. 2) содержит спутники 9, несущие отражающие поверхности 10 главного зеркала с управляющими элементами 11, спутники 12, несущие отражающие поверхности 13 контррефлектора с управляющими элементами 14, спутник 15, несущий приемник излучения 16 с управляющими элементами

17, а также лучи 18 принимаемого излучения, падающие на отражающие поверхности 10 главного зеркала, лучи 19 принимаемого излучения, отраженные от отражающих поверхностей 10 главного зеркала, лучи 20 принимаемого излучения, отраженные от отражающих поверхностей 13 контррефлектора, фокус 21 параболоида (первичный фокус антенны F_1), фокус 22 эллипсоида (вторичный фокус антенны F_2).

Блок-схема системы управления группой спутников, образующих антенну (фиг. 3), содержит расположенную на Земле центральную управляющую вычислительную машину 23, выход которой связан с системой 24 вывода спутников на орбиту, системой 25 стабилизации спутников на орбите, системой 26 ориентации спутников и системой 27 фокусировки антенны.

Блок-схема системы фокусировки антенны (фиг. 4) содержит расположенную на спутнике 15 управляющую ЭВМ наведения 28, выход которой связан с системой автоматического управления (САУ) 29 координатами подвижной платформы управляющего элемента 11 щитов отражающих поверхностей 10 главного зеркала, системой автоматического управления (САУ) 30 координатами подвижной платформы управляющих элементов 14 щитов отражающих поверхностей 13 контррефлектора и системой автоматического управления (САУ) 31 координатами подвижной платформы управляющего элемента 17 приемника излучения 16.

На схеме хода лучей при фокусировке (фиг. 5) показаны щит 10 главного зеркала, лучи 32 и 33, отраженные от щита главного зеркала, щит 13 контррефлектора, согласованный с положением щита 10 главного зеркала, лучи 34 и 35, отраженные от щита 13, щит 36 контррефлектора, несогласованный с положением щита 10, лучи 37 и 38, отраженные от щита 36, приемник излучения 16. Кроме того, фиг. 5 содержит следующие буквенные обозначения: буквами А и В обозначены края щита 10 главного зеркала, С и Д - края щита 13, Е и К - края щита 36, F_1 - первичный фокус, F_2 - вторичный фокус, F_3 - фокус лучей, отраженных от щита 36.

Блок-схема системы автоматического управления линейными и угловыми координатами подвижной платформы управляющего элемента (фиг. 6) содержит управляющую ЭВМ 39, содержащую вычислитель 40 задающих воздействий, получающий на входе задания от управляющей ЭВМ наведения 28, и вычислитель 41 ошибок управления, один вход которого связан с выходом вычислителя 40, другой - с выходом системы измерения 42 координат подвижной платформы 43, а выход - с входом группового регулятора 44 управляющего элемента 11 или 14 или 17. Выход группового регулятора 44 связан со входами шести контроллеров 45, вторые входы которых связаны с выходами датчиков 46 перемещения ног-актуаторов 47, одни выходы которых связаны со входами датчиков 46 перемещения ног-актуаторов 47, а другие - через шарниры 48 с подвижной платформой 43, связанной со входом системы измерения 42 координат платформы. В зависимости от назначения управляющего элемента 11 или 14 или 17 к нему крепятся либо отражающая поверхность 10 главного зеркала, либо отражающая поверхность 13 контррефлектора, либо приемник излучения 16.

На фиг. 7 общего вида управляющего элемента введены обозначения: неподвижная платформа 48, которая закрепляется на спутнике, подвижная платформа 43, к которой крепятся отражающие поверхности 10, либо 13, либо приемник излучения 16, ноги-актуаторы 47.

Описание способа

В соответствии со схемой запуска спутников на орбиту (фиг. 1) и в соответствии со схемой формирования зеркальной системы антенны (фиг. 2) по командам из центральной управляющей вычислительной машины 23 (фиг. 3) сначала с помощью системы 24

производит вывод спутников на орбиту таким образом, что группа спутников 9, несущих отражающие поверхности 10 главного зеркала с управляющими элементами 11, образовали на орбите фигуру, близкую к параболоиду, а группа спутников 12, несущих отражающие поверхности 13 контррефлектора с управляющими элементами 14 -
5 образовали фигуру типа эллипсоид (см. фиг. 2). При этом, оптические оси этих фигур находятся на одной линии и их фокусы совпадают в первичном фокусе F_1 антенны, а спутник 15, несущий приемник излучения 16 с управляющим элементами 17, помещают вблизи вторичного фокуса антенны и эллипсоида F_2 . В этом случае лучи 18
10 принимаемого излучения (фиг. 2), падая на отражающие поверхности 10 главного зеркала и отражаясь в виде лучей 19, падают на отражающие поверхности 13 контррефлектора и, отражаясь в виде лучей 20 попадают в фокус 22 эллипсоида (вторичный фокус антенны F_2).

Затем, по командам из центральной управляющей вычислительной машины 23 (фиг. 3) с помощью системы 25 производят стабилизацию спутников на орбите и
15 развертывание отражающих поверхностей 10 и 13, а также приемника излучения 16 таким образом, чтобы они образовали зеркальную систему антенны (фиг. 2).

Затем, по командам из центральной управляющей вычислительной машины 23 (фиг. 3) с помощью системы 26 и двигателей спутников 9 (на фиг. 3 двигатели не показаны)
20 ориентируют отражающие поверхности 10 главного зеркала так, чтобы отраженные от них лучи 19 собирались в первичном фокусе F_1 антенны. Далее с помощью системы 26 и двигателей спутников 12 (на фиг. 3 двигатели не показаны) ориентируют отражающие поверхности 13 контррефлектора так, чтобы отраженные от них лучи 20 собирались во вторичном фокусе F_2 антенны. При этом щиты, отражающие поверхности
25 13 контррефлектора, ориентируют таким образом, чтобы все отраженные от них лучи собирались во вторичном фокусе F_2 с равными фазами. В этом случае КИП антенны будет максимальным. В частности, как показано на фиг. 5, луч 32 от края А щита поверхности 10 главного зеркала проходя через первичный фокус F_1 антенны, попадает
30 в край Д щита поверхности 13 контррефлектора, согласованный с положением щита поверхности 10 главного зеркала, а луч 33 от края В щита поверхности 10 главного зеркала, проходя через первичный фокус F_1 антенны, попадает в край С щита поверхности 13 контррефлектора. При этом, отраженные от щита 30 поверхности 13 лучи 34 и 35 собираются во вторичном фокусе F_2 антенны с равными фазами.

После этого, с помощью системы 26 и двигателей спутника 15 (на фиг. 3 двигатели не показаны) ориентируют чувствительную поверхность приемника 16 так, чтобы
35 фокус F_2 антенны попадал на чувствительную поверхность приемника 16. Однако в процессе ориентации зеркальных поверхностей антенны с помощью двигателей спутников не удается достичь полного согласования положения щитов поверхности
40 10 главного зеркала с положениями щитов поверхности 13 контррефлектора (см. фиг. 5). В частности, лучи 32 и 33 от края А и В щита поверхности 10 не попадают на края Д и С соответственно щита поверхности 13 контррефлектора, положение которого оказывается несогласованным с положением щита поверхности 10 главного зеркала. Следовательно, не все лучи от щитов главного зеркала попадают на щиты
45 контррефлектора и, кроме того, как показано на фиг. 5, отраженные от краев Е и К щита поверхности 24 лучи 37 и 38 собираются в фокусе F_3 , положение которого не совпадает с положением вторичного фокуса F_2 антенны. В результате лучи могут либо вообще не попасть на чувствительную поверхность радиоприемника, либо достичь ее

в несогласованной фазе с лучами от других щитов поверхности контррефлектора. Таким образом, при ориентации антенны происходит уменьшение ее КИП. Причем настройка антенны с помощью только двигателей спутников не устраняет рассогласование фаз и при изменении длины волны принимаемого излучения, так как

$$L_i - L_j = n\lambda \quad (1)$$

где L_i, L_j - длина пути излучения от соседних щитов поверхности 10 главного зеркала до чувствительной поверхности приемника 16 излучения, n - целое число, λ - длина волны принимаемого излучения.

Поэтому после окончания ориентации по командам из центральной управляющей вычислительной машины 23 (фиг. 3) для повышения КИП антенны с помощью системы 27 производят ее фокусировку.

При этом вначале, по командам из управляющей ЭВМ наведения 28 запускается система автоматического управления (САУ) 29 координатами подвижной платформы управляющих элементов 11 щитов отражающих поверхностей 10 главного зеркала (фиг. 4)

Управляющая ЭВМ 39 САУ 29 (фиг. 6) через вычислитель 40 задающих воздействий, подает в систему измерения 42 координат подвижной платформы 43 сигнал на начало измерений. Система 42 измеряет положения платформ 43 и связанных с ними щитов 10 главного зеркала и передает измеренную информацию в вычислитель 41 ошибок управления, на другой вход которого одновременно из вычислителя 40 поступают требуемые значения координат платформ 43. Вычислитель 41 для каждого щита 10 главного зеркала строит по измеренным значениям, например методом наименьших квадратов, поверхности аппроксимирующих параболоидов таким образом, чтобы фокусное расстояние и положение основания каждого параболоида минимально отличалось от соседнего и, при этом, разности между их фокусными расстояниями были кратны длине волны принимаемого антенной радиоизлучения. Затем вычислитель 41 вычисляет отклонения каждого щита от соответствующего ему аппроксимирующего параболоида и передает в групповой регулятор 44 соответствующие сигналы коррекции платформ 43. Групповой регулятор 44 по полученным корректирующим сигналам вырабатывает задания на перемещения ног-актуаторов 47 для каждого из контроллеров 45, которые, получив задание на перемещение, вычитают из них перемещения, полученные от датчиков 46 обратной связи положения ног-актуаторов 47, по полученным разностям сигналов вырабатывают в соответствии с установленным законом управления, например пропорционально интегрально - дифференциальным (ПИД), управляющие воздействия и передают их в электросиловые приводы ног-актуаторов 47, которые будут перемещать их и соответственно платформы 43 со связанными с ними подвижными щитами 10 до тех пор, пока сигналы от датчиков 46 обратной связи не сравняются с сигналами задания от группового регулятора 44. При достижении равенства контроллеры 45 передают соответствующие сообщения в групповой регулятор 44, который после поступления сообщений от всех контроллеров 45 передаст в управляющую ЭВМ наведения 28 сообщение на начало работы системы автоматического управления (САУ) 30 координатами подвижных платформ управляющих элементов 14 щитов отражающих поверхностей 13 контррефлектора (фиг. 4).

Системы автоматического управления (САУ) 30 координатами подвижных платформ управляющих элементов 14 щитов отражающих поверхностей 13 контррефлектора работают также, как САУ 29, только в данном случае система 42 измеряет положения

платформ 43 и связанных с ними щитов 13 контррефлектора.

После окончания установки щитов 13 контррефлектора, т.е. после поступления сообщений от всех контроллеров 45 САУ 30 передаст в управляющую ЭВМ наведения 28 сообщение на начало работы системы автоматического управления (САУ) 31 координатами подвижной платформы управляющего элемента 17 приемника излучения 16. При этом управляющая ЭВМ 39 САУ 31 (фиг. 6) через вычислитель 40 задающих воздействий, подает в систему измерения 42 координат подвижной платформы 43 сигнал на начало измерений. Система 42 измеряет положения платформ 43 и связанного с ней приемника излучения 16 и передает измеренную информацию в вычислитель 41 ошибок управления, на другой вход которого одновременно из вычислителя 40 поступают требуемые значения координат платформ 43. Вычислитель 41 определяет требуемое положение центра чувствительной поверхности приемника 16 и направление, перпендикулярное фокальной плоскости антенны. Затем вычислитель 41 вычисляет отклонения измеренных координат платформы 43 от требуемых по условию согласования координат центра чувствительной поверхности приемника и его направления на фокальную плоскость. Вычисленные отклонения вычислитель 41 передает в групповой регулятор 44 в виде сигналов коррекции платформ 43. Затем групповой регулятор 44 по полученным корректирующим сигналам вырабатывает задания на перемещения ног-актуаторов 47 для каждого из контроллеров 45, которые, получив задание на перемещение, вычитают из них перемещения, полученные от датчиков 46 обратной связи положения ног-актуаторов 47, по полученным разностям сигналов вырабатывают в соответствии с установленным законом управления, например пропорционально интегрально-дифференциальным (ПИД), управляющие воздействия и передают их в электросиловые приводы ног-актуаторов 47, которые будут перемещать их и соответственно платформу 43 со связанным с ней приемником 16 до тех пор, пока сигналы от датчиков 46 обратной связи не сравняются с сигналами задания от группового регулятора 44. При достижении равенства контроллеры 45 передают соответствующие сообщения в групповой регулятор 44, который после поступления сообщений от всех контроллеров 45 передаст в управляющую ЭВМ наведения 28 сообщение об окончании фокусировки антенны и ее готовности к астрономическим наблюдениям.

При изменении частоты или длины волны принимаемого антенной радиоизлучения достигнутое ранее при фокусировке соотношение длин оптических путей 1 перестает выполняться. Поэтому управляющая ЭВМ наведения 28 передает в САУ 29, 30, 31 новое значение длины волны, они производят новые вычисления и вырабатывают сигналы коррекции положения щитов 10, 13 и приемника 16, поступающие в регуляторы для отработки.

Таким образом, предложенный способ реализуется рассмотренной системой формирования антенны, обеспечивая повышение КИП космического радиотелескопа при значительном разбросе рабочих диапазонов частот принимаемого излучения и при отсутствии влияния астрономического климата Земли.

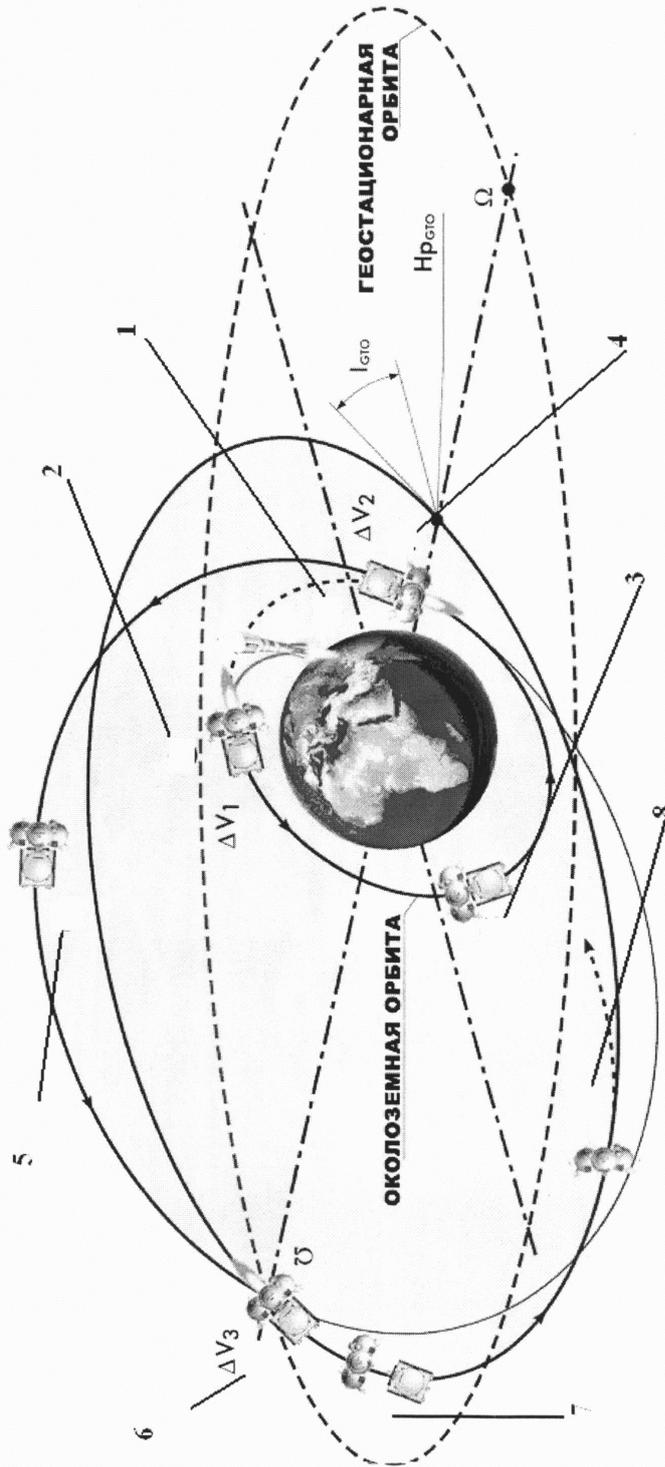
Использованная литература

1. Раздоркин Д.Я., Романенко М.В. Алгоритм оптимизации двухзеркальной антенны с рефлектором из параболических щитов. Журнал радиоэлектроники, No 4, 2000.
2. RU Патент No2319171. Система автоматического наведения радиотелескопа, G01S, от 17.07.2006 г., бюл. No7, 2008 г.
3. RU Патент No2518398. Способ адаптации отражающих поверхностей антенны, G01S, от 20.11.2012 г., бюл. No16, 2014 г.

(57) Формула изобретения

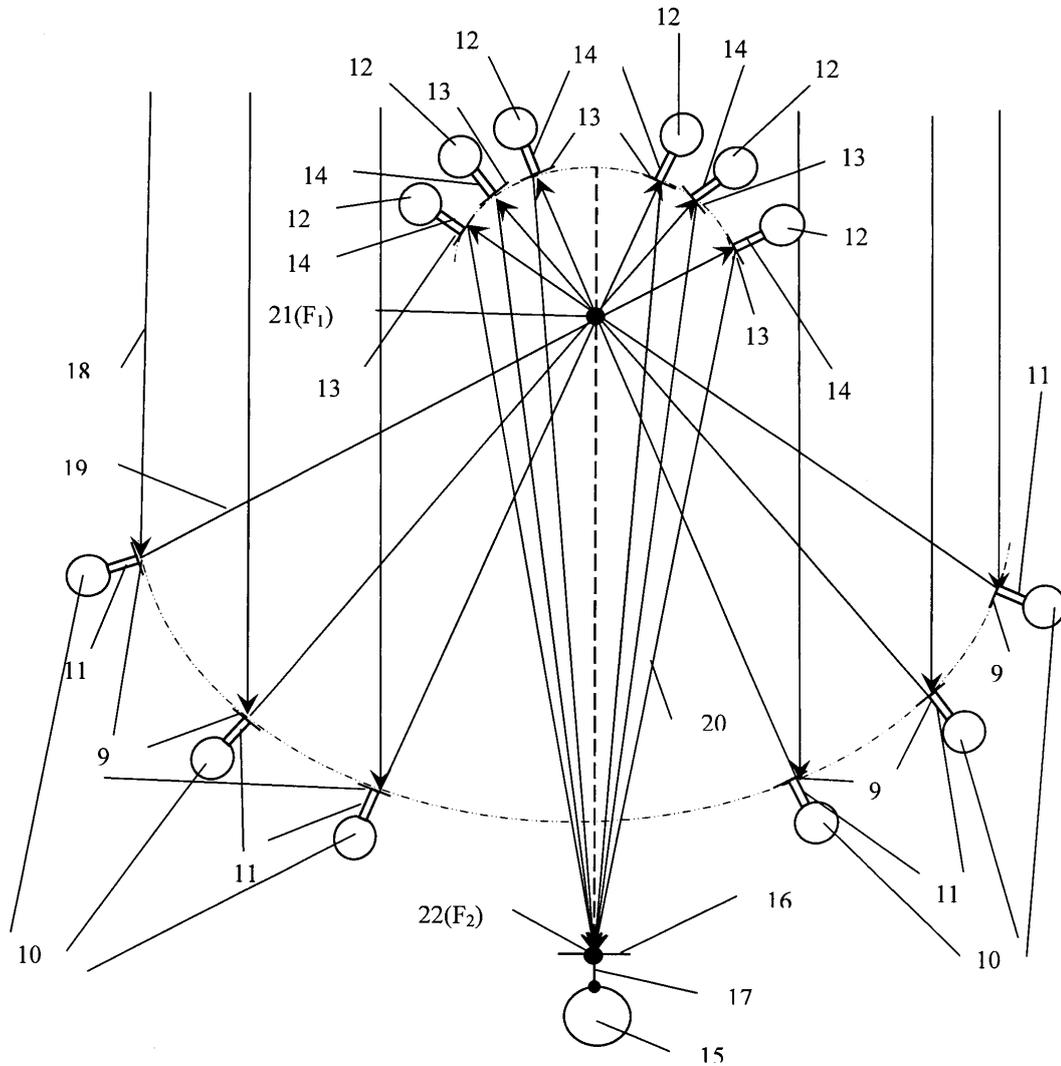
Способ формирования отражающих зеркальных поверхностей антенны космического радиотелескопа, заключающийся в установке щитов отражающих поверхностей
5 главного зеркала и контррефлектора на управляемые элементы, измерении положения щитов, образующих отражающую поверхность главного зеркала антенны, построении в компьютере по измеренным значениям положения щитов главного зеркала для каждого щита, например методом наименьших квадратов, своих аппроксимирующих параболоидов таким образом, чтобы фокусное расстояние и положение основания
10 каждого параболоида минимально отличалось от соседнего и при этом разности между их фокусными расстояниями были кратны длине волны принимаемого антенной радиоизлучения, вычислении отклонения каждого щита главного зеркала от соответствующего своего аппроксимирующего параболоида, и по вычисленным отклонениям с помощью системы автоматического управления перемещении каждого
15 щита в сторону минимизации этих отклонений, а после окончания перемещений щитов главного зеркала - в измерении положения каждого щита контррефлектора, построении в компьютере модели хода лучей, отраженных от щитов главного зеркала в сторону контррефлектора и хода отраженных лучей от поверхностей щитов контррефлектора, вычислении рассогласования крайних лучей, отраженных от щитов главного зеркала,
20 с положениями соответствующих краев отражающих поверхностей щитов контррефлектора и с помощью системы автоматического управления перемещении каждого щита контррефлектора в сторону уменьшения указанных рассогласований таким образом, чтобы положения их фокусов минимально расходились между собой, с положением вторичного фокуса зеркальной системы и с положением приемника
25 излучения при условии, что длины лучей, представляющих собой оптические пути от первичного фокуса до отражающих поверхностей щитов контррефлектора и расхождения между ними, а также длины лучей, представляющих собой оптические пути от отражающих поверхностей щитов контррефлектора до вторичного фокуса, и расхождения между ними были кратны длине волны принимаемого излучения,
30 отличающийся тем, что приемник излучения устанавливают на управляемом элементе, управляемые элементы щитов отражающих поверхностей главного зеркала и контррефлектора, а также приемника излучения выполняют, например, в виде гексаподов, устанавливаемых на спутниках Земли, которые выводят на орбиту, например геостационарную, таким образом, чтобы поверхность, проведенная через щиты главного
35 зеркала, была близкой к параболической и чтобы лучи, идущие от плоскости фронта, принимаемого антенной радиоизлучения, и падающие на поверхности щитов главного зеркала, собирались в первичном фокусе антенны и затем падали на щиты контррефлектора, при этом спутники, на которых закреплены управляемые элементы щитов контррефлектора, помещают на орбиту, например геостационарную, таким
40 образом, чтобы поверхность, проведенная через щиты контррефлектора, была близкой к эллипсоиду и чтобы все отраженные от щитов контррефлектора лучи собирались во вторичном фокусе и попадали на чувствительную поверхность приемника излучения, причем спутник, на котором закреплен управляемый элемент приемника излучения, помещают на выбранную орбиту так, чтобы центр приемника излучения как можно
45 точнее совпадал с вторичным фокусом антенны, а после окончания перемещения щитов контррефлектора приемник излучения перемещают с помощью системы автоматического управления до совпадения его центра с положением вторичного фокуса антенны.

Способ формирования отражающих зеркальных поверхностей антенны космического радиотелескопа



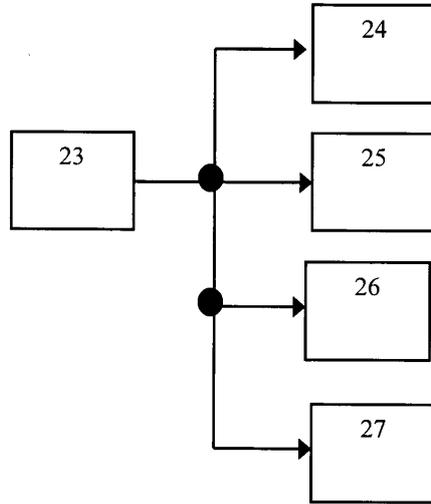
Фиг.1

**Способ формирования отражающих
зеркальных поверхностей антенны
космического радиотелескопа**

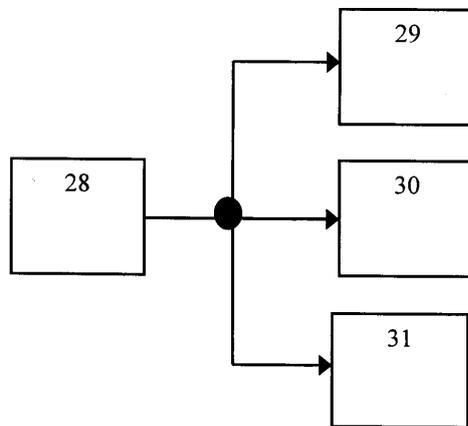


Фиг.2

**Способ формирования отражающих
зеркальных поверхностей антенны
космического радиотелескопа**

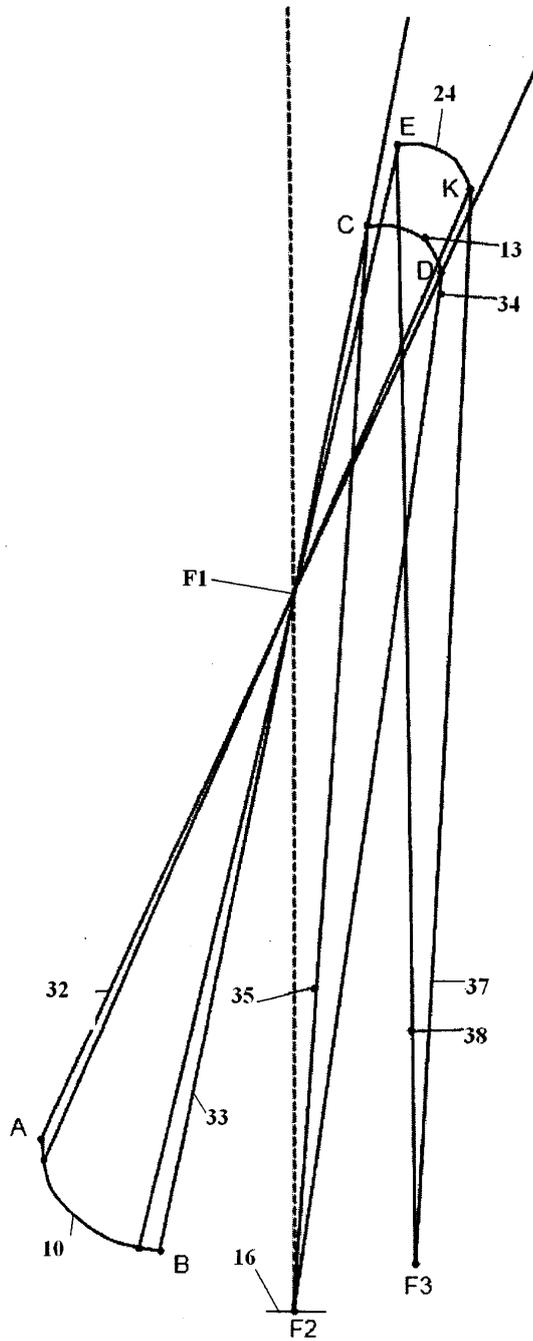


Фиг.3



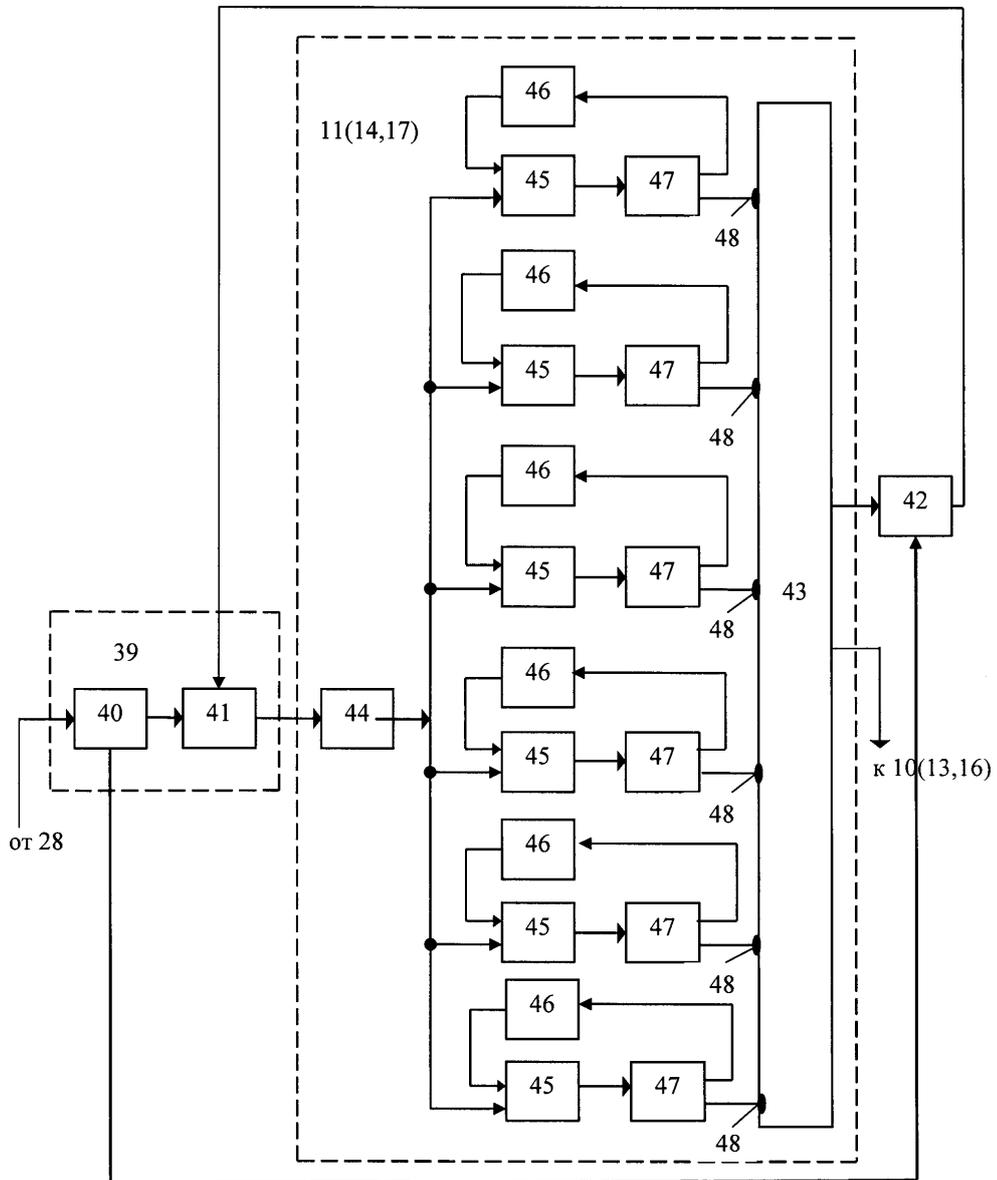
Фиг.4

Способ формирования отражающих
зеркальных поверхностей антенны
космического радиотелескопа



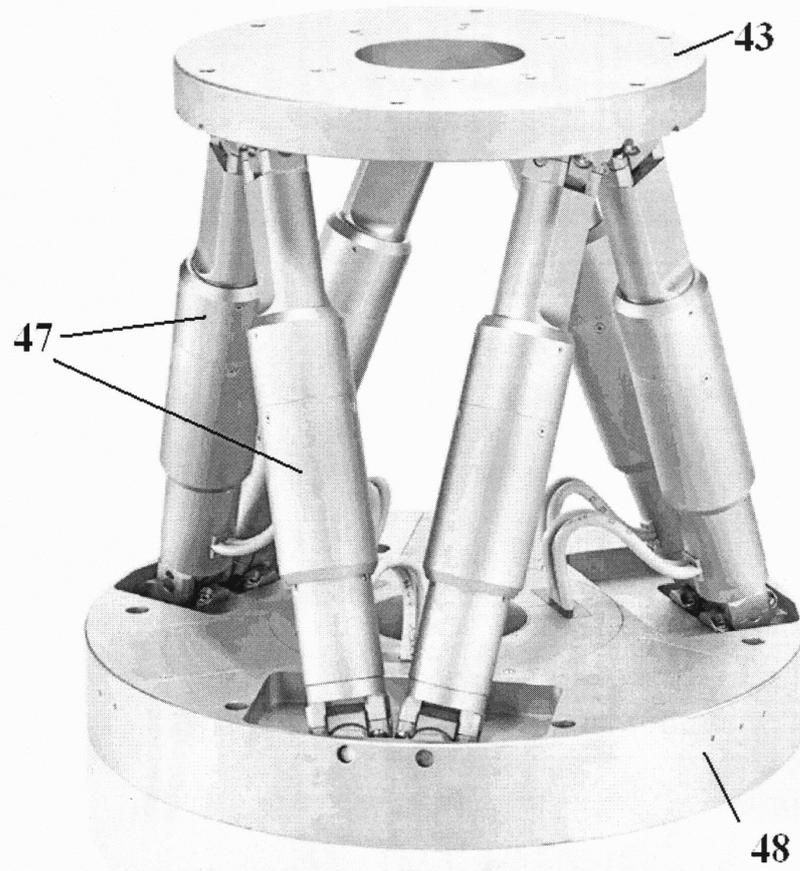
Фиг.5

Способ формирования отражающих
зеркальных поверхностей антенны
космического радиотелескопа



Фиг. 6

Способ формирования отражающих
зеркальных поверхностей антенны
космического радиотелескопа



Фиг. 7