



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ**

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: **2010113207/07, 06.04.2010**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
06.04.2010

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **06.04.2010**

(45) Опубликовано: **20.04.2011**

Адрес для переписки:

**105005, Москва, ул. 2-я Бауманская, 5, МГТУ
им. Н.Э. Баумана, Центр защиты
интеллектуальной собственности**

(72) Автор(ы):

**Голубцов Максим Евгеньевич (RU),
Русов Юрий Сергеевич (RU),
Крючков Игорь Викторович (RU),
Нефедов Сергей Игоревич (RU),
Овечкин Василий Сергеевич (RU),
Ильин Евгений Михайлович (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Российская Федерация, от имени которой
выступает Министерство обороны
Российской Федерации (МИНОБОРОНЫ
РОССИИ) (RU),
Государственное образовательное
учреждение высшего профессионального
образования "Московский государственный
технический университет имени Н.Э.
Баумана" (МГТУ им. Н.Э. Баумана) (RU)**

(54) ДВУХЗЕРКАЛЬНАЯ АНТЕННА С МЕХАНИЧЕСКИМ СКАНИРОВАНИЕМ

Формула полезной модели

1. Двухзеркальная антенна с механическим сканированием, содержащая систему перископических плоских поворотных зеркал, где первое зеркало расположено под углом 45° к оси вращения в горизонтальной плоскости, а второе зеркало расположено под углом 45° к оси вращения в вертикальной плоскости, привод вращения зеркал в горизонтальной плоскости с электродвигателем, привод вращения зеркал в вертикальной плоскости с электродвигателем, отличающаяся тем, что в волноводный тракт облучателя введен поляризатор, выход которого жестко соединен со входом облучателя, выполненного в виде конического рупора, ось которого совпадает с осью поляризатора, а на поляризаторе жестко установлены первый кронштейн, на котором закреплен первый электродвигатель, и второй кронштейн, на котором закреплен второй электродвигатель, причем первое зубчатое колесо расположено на валу первого электродвигателя и в зацеплении со вторым зубчатым колесом, жестко связанным с поворотной рамой, а ось второго зубчатого колеса совпадает с осью поляризатора, третье зубчатое колесо расположено на валу второго электродвигателя и в зацеплении с четвертым зубчатым колесом, жестко связанным с пятым зубчатым колесом, причем оси четвертого и пятого зубчатых колес совпадают с осью поляризатора, а пятое зубчатое колесо расположено в зацеплении с шестым зубчатым колесом, ось

которого перпендикулярна оси пятого зубчатого колеса, причем шестое зубчатое колесо жестко связано и соосно с валом, который консольно установлен на поворотной раме с возможностью свободного вращения, причем на валу жестко закреплено второе зеркало, а на поворотной раме жестко закреплено первое зеркало так, что через его центр проходят ось облучателя и ось вала, причем поперечный размер первого зеркала D_1 и поперечный размер второго зеркала D_2 связаны с расстоянием от центра раскрыва облучателя до центра первого зеркала L_1 , расстоянием от центра первого зеркала до центра второго зеркала L_2 , размером раскрыва облучателя D_p и шириной главного лепестка $2\theta_{0,5p}$ диаграммы направленности облучателя по уровню половинной мощности соотношениями

$$D_1 \geq \frac{2\sqrt{2} \left(L_1 \operatorname{tg} \theta_{0,5p} + \frac{D_p}{2} \right)}{(1 - \operatorname{tg} \theta_{0,5p})},$$

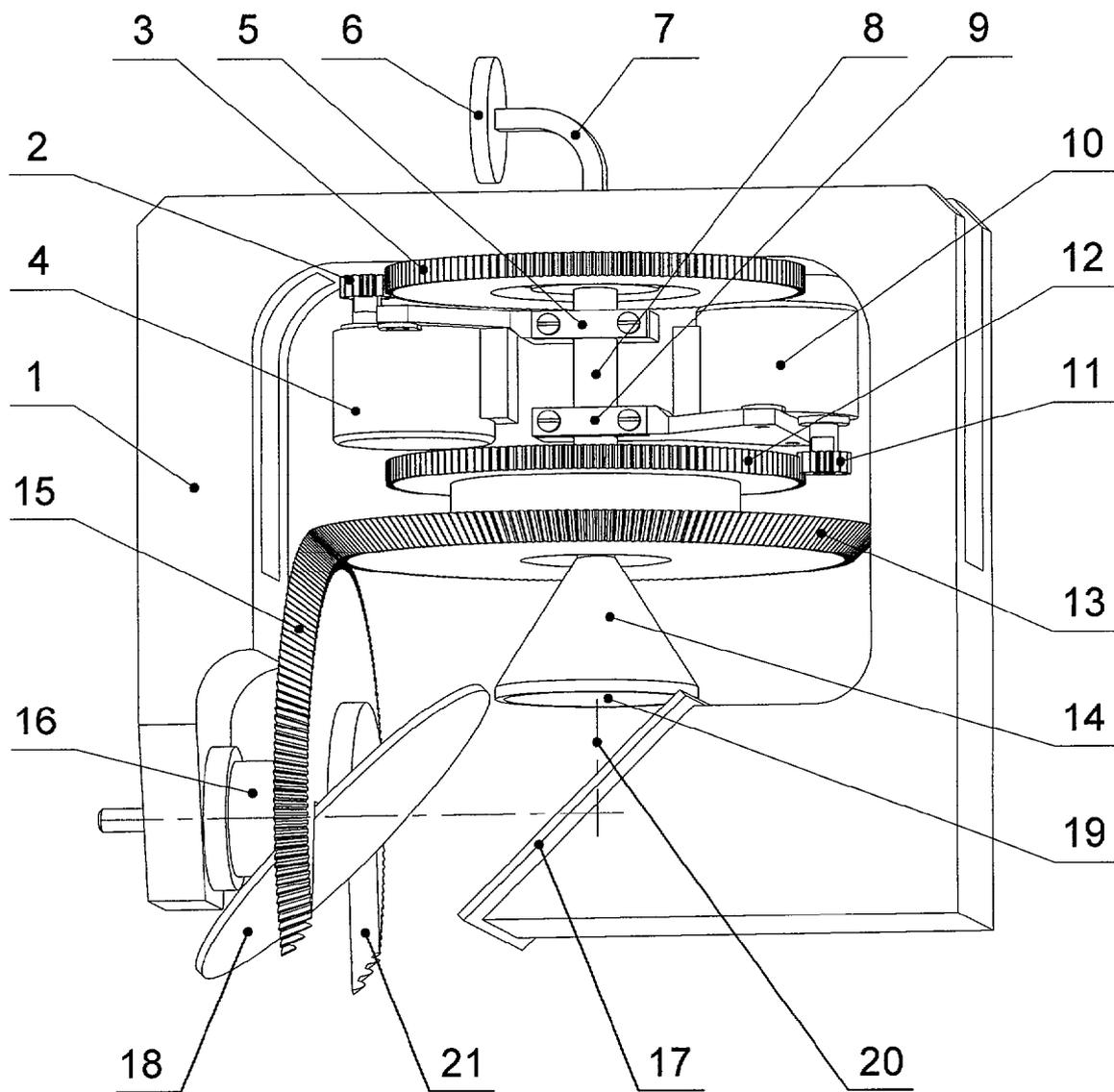
$$D_2 \geq \frac{2\sqrt{2} \left((L_1 + L_2) \operatorname{tg} \theta_{0,5p} + \frac{D_p}{2} \right)}{(1 - \operatorname{tg} \theta_{0,5p})},$$

при этом

$$L_2 > \frac{(D_1 + D_2)}{2\sqrt{2}}.$$

2. Двухзеркальная антенна с механическим сканированием по п.1, отличающаяся тем, что в раскрыве облучателя установлена диэлектрическая линза.

3. Двухзеркальная антенна с механическим сканированием по п.1 или 2, отличающаяся тем, что второе зеркало установлено в пазу шестого зубчатого колеса.



Полезная модель относится к области радиотехники СВЧ и КВЧ диапазонов, в частности - к конструкциям двухзеркальных антенн с механическим широкоугольным сканированием луча, и может быть использована в системах связи.

Известны различные конструкции антенн с механическим сканированием луча, содержащих одно или два зеркала. В частности, известна антенна с коническим сканированием диаграммы направленности (Патент RU 2236727 С1, МПК 7 Н01Q 3/10, Н01Q 3/18, Н01Q 15/23. опубл. 20.09.2004 г.), содержащая параболическое зеркало, облучатель в виде рупора и фазосдвигающее устройство из радиопрозрачного диэлектрического материала, установленное между облучателем и параболическим зеркалом и выполненное в виде обращенной вогнутой стороной к облучателю полусферы, которая состоит, по крайней мере, из пяти рабочих секций разной толщины и двух нерабочих секций, образующих основание полусферы и скрепленных с цилиндрическим опорным элементом, который вместе с полусферой приводится во вращательное движение вокруг оси облучателя с помощью мотора с редуктором. Секции соединены между собой боковыми гранями, образованными расщеплением полусферы меридиональными плоскостями, проходящими под заданными углами к оси облучателя, а их толщины определяются расчетным путем по прилагаемой формуле. Во втором варианте изобретения рабочая диэлектрическая секция с наименьшей толщиной заменена тонкой радиопрозрачной влаго- и пылезащитной пленкой.

Такая антенна обладает рядом недостатков.

1) Конструкция не позволяет обеспечить сканирование луча в пределах полусферы.

2) Наличие затенения параболического зеркала облучателем и фазосдвигающим устройством приводит к снижению коэффициента усиления антенны и повышению уровня боковых лепестков ее диаграммы направленности.

Известно антенное устройство с линейной поляризацией (Патент RU 2282287 С1, МПК Н01Q 3/20, опубл. 20.08.2006.), содержащее двухосный карданов подвес, внутренняя и наружная рамки которого механически с помощью жестких тяг и шарниров соединены с параболическим зеркалом, имеющим возможность вращения относительно центра излучения неподвижного многоканального облучателя, жестко закрепленного на основании антенного устройства, два электродвигателя вращения соответствующих рамок карданова подвеса, малое гиперболическое решетчатое зеркало, установленное с помощью котиловочных механизмов и неподвижных волноводов на основании антенного устройства. Дальний по отношению к параболическому зеркалу фокус малого гиперболического решетчатого зеркала совпадает с фокусом параболического зеркала, а в другом его фокусе размещен центр излучения неподвижного многоканального облучателя прямого облучения основного диапазона с линейной поляризацией. Такое антенное устройство также обладает рядом недостатков.

1) Сложность конструкции, обусловленная применением зеркал сложной формы. Высокие требования к взаимному расположению зеркал и облучателя.

2) Конструкция не обеспечивает сканирование луча в пределах полусферы.

3) Антенное устройство обеспечивает работу на волнах только с линейной поляризацией поля.

4) Наличие затенения параболического зеркала малым гиперболическим зеркалом приводит к снижению коэффициента усиления антенного устройства и повышению уровня боковых лепестков его диаграммы направленности.

Известны различные конструкции антенн, обеспечивающих работу на волнах с круговой поляризацией поля. В частности, известен двухдиапазонный облучатель с круговой поляризацией поля (Патент RU 2310955 С2, МПК H01Q 13/02, опубл. 20.11.2007), содержащий последовательно соединенные рупор, первую секцию круглого волновода низкочастотного диапазона с поляризатором, прямоугольный волновод, размещенный перпендикулярно к оси первой секции круглого волновода и связанный с его внутренней областью посредством продольной щели, вторую секцию круглого волновода высокочастотного диапазона с поляризатором и питающим прямоугольным волноводом, причем первая и вторая секции круглого волновода соединены последовательно посредством плавного перехода, а питающий прямоугольный волновод соединен со второй секцией круглого волновода посредством плавного перехода.

Недостатком двухдиапазонного облучателя с круговой поляризацией поля является то, что он не обеспечивает сканирование луча в пределах полусферы.

Наиболее близким к настоящей полезной модели является устройство для ориентации антенны по азимуту и углу места (Патент RU 2020666 С1, МПК H01Q 3/08, опубл. 30.09.1994) содержащее платформу, установленную с возможностью поворота вокруг угломестной оси на азимутальном валу, привод вращения азимутального вала с электродвигателем, устанавливаемым на неподвижном основании, коммуникационную трубу с системой перископических поворотных зеркал на торце, каретку, установленную на коммуникационной трубе с возможностью возвратно-поступательного перемещения и связанную реечно-зубчатыми передачами с электродвигателем привода наведения по углу места, устанавливаемым на неподвижном основании, и платформой.

Такое устройство для ориентации антенны обладает рядом недостатков.

1) Сложность конструкции, обусловленная применением двух независимых приводов вращения по двум координатам, реечно-зубчатой передачи, каретки.

2) Большие габариты и масса устройства, связанные с применением сложной механической системы с большим количеством зубчатых колес, реечно-зубчатой передачи и неоптимальным выбором размеров зеркал и расстояний между ними.

3) Отсутствие элементов, позволяющих обеспечить работу на волнах с круговой поляризацией поля.

Технической задачей при разработке настоящей полезной модели является создание простой в изготовлении и сборке конструкции с малыми габаритами и массой при обеспечении механического сканирования луча в пределах полусферы и работы на волнах с круговой поляризацией поля.

Технический результат достигается применением в конструкции двух плоских зеркал, вращение которых обеспечивает сканирование в пределах полусферы, а размеры зеркал и расстояние между зеркалами выбраны минимальными с учетом полного перехвата энергии главного лепестка диаграммы направленности облучателя и отсутствия затенения, а также введением поляризатора и выполнением облучателя в виде конического рупора, что обеспечивает работу на волнах с круговой поляризацией поля.

Поставленная задача достигается тем, что в двухзеркальной антенне с механическим сканированием, содержащей систему перископических плоских поворотных зеркал, где первое зеркало расположено под углом 45° к оси вращения в горизонтальной плоскости, а второе зеркало расположено под углом 45° к оси вращения в вертикальной плоскости, привод вращения зеркал в горизонтальной

плоскости с электродвигателем, привод вращения зеркал в вертикальной плоскости с электродвигателем, согласно полезной модели с целью минимизация массы и габаритов устройства при обеспечении механического сканирования луча в пределах полусферы и работы на волнах с круговой поляризацией поля для преобразования в режиме передачи электромагнитной волны с линейной поляризацией поля в волну с круговой поляризацией поля в волноводный тракт облучателя введен поляризатор, выход которого жестко соединен со входом облучателя, выполненного в виде конического рупора, ось которого совпадает с осью поляризатора, а на поляризаторе жестко установлены первый кронштейн, на котором закреплен первый электродвигатель, и второй кронштейн, на котором закреплен второй электродвигатель, причем первое зубчатое колесо расположено на валу первого электродвигателя и в зацеплении со вторым зубчатым колесом, жестко связанным с поворотной рамой, а ось второго зубчатого колеса совпадает с осью поляризатора, третье зубчатое колесо расположено на валу второго электродвигателя и в зацеплении с четвертым зубчатым колесом, жестко связанным с пятым зубчатым колесом, причем оси четвертого и пятого зубчатых колес совпадают с осью поляризатора, а пятое зубчатое колесо расположено в зацеплении с шестым зубчатым колесом, ось которого перпендикулярна оси пятого зубчатого колеса, причем шестое зубчатое колесо жестко связано и соосно с валом, который консольно установлен на поворотной раме с возможностью свободного вращения, причем на валу жестко закреплено второе зеркало, а на поворотной раме жестко закреплено первое зеркало так, что через его центр проходят ось облучателя и ось вала, причем поперечный размер первого зеркала D_1 и поперечный размер второго зеркала D_2 связаны с расстоянием от центра раскрыва облучателя до центра первого зеркала L_1 , расстоянием от центра первого зеркала до центра второго зеркала L_2 , размером раскрыва облучателя D_p и шириной главного лепестка $2\theta_{0,5p}$ диаграммы направленности облучателя по уровню половинной мощности соотношениями

$$D_1 \geq \frac{2\sqrt{2} \left(L_1 \operatorname{tg} \theta_{0,5p} + \frac{D_p}{2} \right)}{(1 - \operatorname{tg} \theta_{0,5p})},$$

$$D_2 \geq \frac{2\sqrt{2} \left((L_1 + L_2) \operatorname{tg} \theta_{0,5p} + \frac{D_p}{2} \right)}{(1 - \operatorname{tg} \theta_{0,5p})},$$

при этом

$$L_2 \geq \frac{(D_1 + D_2)}{2\sqrt{2}}.$$

В частном случае в раскрыве облучателя может быть установлена диэлектрическая линза.

В частном случае второе зеркало может быть установлено в пазу шестого зубчатого колеса.

Полезная модель поясняется чертежом, где на фиг.1 приведена предлагаемая двухзеркальная антенна с механическим сканированием; на фиг.2 показана схема взаимного расположения облучателя и зеркал; на фиг.3 представлена экспериментальная диаграмма направленности изготовленного образца двухзеркальной антенны с механическим сканированием, измеренная в вертикальной плоскости при неотклоненном луче; на фиг.4 представлена экспериментальная

диаграмма направленности изготовленного образца двухзеркальной антенны с механическим сканированием, измеренная в вертикальной плоскости при отклоненном на 90° луче.

5 На фиг.1 и фиг.2 обозначено: 1 - поворотная рама; 2 - первое зубчатое колесо; 3 -
второе зубчатое колесо; 4 - первый электродвигатель; 5 - первый кронштейн; 6 -
вход антенны; 7 - прямоугольный волновод; 8 - поляризатор; 9 - второй кронштейн;
10 - второй электродвигатель; 11 - третье зубчатое колесо; 12 - четвертое зубчатое
10 колесо; 13 - пятое зубчатое колесо; 14 - облучатель; 15 - шестое зубчатое колесо; 16 -
вал; 17 - первое зеркало; 18 - второе зеркало; 19 - диэлектрическая линза; 20 - ось
облучателя, 21 - паз шестого зубчатого колеса.

Прямоугольный волновод 7 со входом антенны 6 жестко соединен со входом
поляризатора 8. Выход поляризатора 8 жестко соединен со входом облучателя 14,
15 ось 20 которого совпадает с осью поляризатора 8. На поляризаторе 8 жестко
установлены первый кронштейн 5, на котором закреплен первый
электродвигатель 4, и второй кронштейн 9, на котором закреплен второй
электродвигатель 10. Первое зубчатое колесо 2 расположено на валу первого
20 электродвигателя 4 и в зацеплении со вторым зубчатым колесом 3, жестко
связанным с поворотной рамой 1. Ось второго зубчатого колеса 3 совпадает с осью
поляризатора 8. Третье зубчатое колесо 11 расположено на валу второго
электродвигателя 10 и в зацеплении с четвертым зубчатым колесом 12, жестко
связанным с пятым зубчатым колесом 13. Оси четвертого 12 и пятого 13 зубчатых
25 колес совпадают с осью поляризатора 8. Пятое зубчатое колесо 13 расположено в
зацеплении с шестым зубчатым колесом 15, ось которого перпендикулярна оси
пятого зубчатого колеса 13. Шестое зубчатое колесо 15 жестко связано и соосно с
валом 16, который консольно установлен на поворотной раме 1 с возможностью
свободного вращения. На валу 16 жестко закреплено второе зеркало 18 под углом
30 45° к продольной оси вала 16. На поворотной раме 1 жестко закреплено первое
зеркало 17 так, что через его центр проходят ось 20 облучателя и ось вала 16, а
плоскость первого зеркала 17 составляет угол 45° с осью 20 облучателя и с осью
вала 16.

35 Первое зеркало 17 и второе зеркало 18 выполнены плоскими, что позволяет
снизить требования к точности их взаимного расположения и положения
облучателя 14.

Облучатель 14 выполнен в виде конического рупора, что позволяет обеспечить
работу на волнах с круговой поляризацией поля. В частном случае в раскрыве
40 облучателя 14 может быть установлена диэлектрическая линза 19, обеспечивающая
устранение фазовых погрешностей в раскрыве облучателя 14, что позволяет
повысить коэффициент усиления двухзеркальной антенны с механическим
сканированием.

45 Поперечный размер первого зеркала 17 D_1 выбран из условия полного перехвата
энергии главного лепестка диаграммы направленности облучателя 14 первым
зеркалом 17

$$50 D_1 \geq \frac{2\sqrt{2} \left(L_1 \operatorname{tg} \theta_{0,5p} + \frac{D_p}{2} \right)}{(1 - \operatorname{tg} \theta_{0,5p})}$$

где L_1 - расстояние от центра раскрыва облучателя 14 до центра первого
зеркала 17, $2\theta_{0,5p}$ - ширина главного лепестка диаграммы направленности

облучателя 14 по уровню половинной мощности, D_p - размер раскрыва облучателя 14.

Поперечный размер второго зеркала 18 D_2 с целью обеспечения полного перехвата энергии главного лепестка диаграммы направленности облучателя 14, отраженного первым зеркалом 17, выбирается из условия

$$D_2 \geq \frac{2\sqrt{2} \left((L_1 + L_2) \operatorname{tg} \theta_{0,sp} + \frac{D_p}{2} \right)}{(1 - \operatorname{tg} \theta_{0,sp})}$$

где L_2 - расстояние от центра первого зеркала 17 до центра второго зеркала 18, выбираемое из условия отсутствия затенения второго зеркала 18 первым зеркалом 17

$$L_2 \geq \frac{(D_1 + D_2)}{2\sqrt{2}}$$

С целью уменьшения габаритных размеров двухзеркальной антенны с механическим сканированием может быть минимизирована длина вала 16, для чего второе зеркало 18 может быть установлено в пазу 21 шестого зубчатого колеса 15.

Устройство работает следующим образом.

Волна с линейной поляризацией поля типа H_{10} поступает на вход антенны 6 и через прямоугольный волновод 7 на вход поляризатора 8, где происходит преобразование волны с линейной поляризацией поля в волну с круговой поляризацией поля. С выхода поляризатора 8 волна с круговой поляризацией поля подается на вход облучателя 14 и далее излучается раскрывом облучателя 14.

Излученная облучателем 14 волна падает на первое зеркало 17, отражается им в сторону второго зеркала 18 и после отражения от второго зеркала 18 излучается в свободное пространство.

Направление максимума излучения электромагнитных волн определяется положением первого 17 и второго 18 зеркал. С помощью первого электродвигателя 4 приводится во вращение первое зубчатое колесо 2, которое приводит в движение второе зубчатое колесо 3, жестко связанное с поворотной рамой 1. Вращение поворотной рамы 1 вызывает поворот первого 17 и второго 18 зеркал, что обеспечивает сканирование луча антенны в горизонтальной плоскости в пределах сектора $0 \dots 360^\circ$.

С помощью второго электродвигателя 10 приводится во вращение третье зубчатое колесо 11, которое приводит в движение четвертое зубчатое колесо 12, жестко связанное с пятым зубчатым колесом 13. Пятое зубчатое колесо 13 приводит в движение шестое зубчатое колесо 15, ось которого перпендикулярна оси пятого зубчатого колеса 13. Вращение шестого зубчатого колеса 15 и жестко связанного с ним вала 16 приводит к повороту второго зеркала 18, жестко закрепленного на валу 16, что обеспечивает сканирование луча антенны в вертикальной плоскости в пределах сектора $\pm 90^\circ$, где угол отсчитывается от оси 20 конического рупора 14.

При вращении поворотной рамы 1 в горизонтальной плоскости сохранение углового положения луча в вертикальной плоскости обеспечивается при синхронном вращении с поворотной рамой 1 пятого зубчатого колеса 13, за счет чего остаются неподвижными относительно поворотной рамы 1 шестое зубчатое колесо 15 и второе зеркало 18. Это достигается при синхронном вращении второго 3 и четвертого 12 зубчатых колес, что может быть обеспечено, например, при одинаковой угловой скорости вращения валов первого 4 и второго 10 электродвигателей и равенстве чисел зубьев первого 2 и третьего 11 зубчатых колес,

а также второго 3 и четвертого 12 зубчатых колес соответственно.

Минимизация массы устройства обеспечивается изготовлением поворотной рамы 1, а также второго 3, четвертого 12, пятого 13 и шестого 15 зубчатых колес из легкого материала, например пенопласта.

Предложенная конструкция двухзеркальной антенны с механическим сканированием может применяться при изготовлении антенн сантиметрового и миллиметрового диапазонов длин волн. В частности, такая конструкция может быть применена в качестве связной антенны беспилотного летательного аппарата.

Изготовленный образец двухзеркальной антенны с механическим сканированием V-диапазона волн имеет следующие электрические характеристики: уровень боковых лепестков диаграммы направленности не превышает - 15 дБ при неотклоненном луче и - 10 дБ при отклоненном луче на 90° в вертикальной плоскости.

(57) Реферат

Полезная модель относится к области радиотехники СВЧ и КВЧ диапазонов, в частности - к конструкциям двухзеркальных антенн с механическим широкоугольным сканированием луча, и может быть использовано в системах связи.

Двухзеркальная антенна с механическим сканированием содержит систему перископических плоских поворотных зеркал. В волноводный тракт облучателя, выполненного в виде конического рупора, введен поляризатор, на котором установлены первый кронштейн с первым электродвигателем и второй кронштейн со вторым электродвигателем. На валу первого электродвигателя расположено первое зубчатое колесо, находящееся в зацеплении со вторым зубчатым колесом, жестко связанным с поворотной рамой. На валу второго электродвигателя расположено третье зубчатое колесо, находящееся в зацеплении с четвертым зубчатым колесом, жестко связанным с пятым зубчатым колесом, находящимся в зацеплении с шестым зубчатым колесом, ось которого перпендикулярна оси пятого зубчатого колеса. Шестое зубчатое колесо связано и соосно с валом, на котором закреплено второе зеркало, а первое зеркало закреплено на поворотной раме. Размеры зеркал и расстояние между ними выбраны минимальными с учетом перехвата энергии главного лепестка диаграммы направленности облучателя и отсутствия затенения, а именно поперечный размер первого зеркала D_1 и поперечный размер второго зеркала D_2 связаны с расстоянием от центра раскрыва облучателя до центра первого зеркала L_1 , расстоянием от центра первого зеркала до центра второго зеркала L_2 и шириной главного лепестка $2\theta_{0,5p}$ диаграммы направленности облучателя по уровню половинной мощности соотношениями

$$D_1 \geq \frac{2\sqrt{2} \left(L_1 \operatorname{tg} \theta_{0,5p} + \frac{D_p}{2} \right)}{(1 - \operatorname{tg} \theta_{0,5p})},$$

$$D_2 \geq \frac{2\sqrt{2} \left((L_1 + L_2) \operatorname{tg} \theta_{0,5p} + \frac{D_p}{2} \right)}{(1 - \operatorname{tg} \theta_{0,5p})},$$

при этом

$$L_2 > \frac{(D_1 + D_2)}{2\sqrt{2}}.$$

В раскрыве облучателя может быть установлена диэлектрическая линза. В

антенне второе зеркало может быть установлено в пазу шестого зубчатого колеса. Техническим результатом является создание малогабаритной, легкой, простой в изготовлении и сборке конструкции, обеспечивающей механическое сканирования луча в пределах полусферы и работу на волнах с круговой поляризацией поля. 2 з.п. ф-лы, 4 фиг.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

РЕФЕРАТ

ДВУХЗЕРКАЛЬНАЯ АНТЕННА С МЕХАНИЧЕСКИМ СКАНИРОВАНИЕМ

Полезная модель относится к области радиотехники СВЧ и КВЧ диапазонов, в частности – к конструкциям двухзеркальных антенн с механическим широкоугольным сканированием луча, и может быть использовано в системах связи. Двухзеркальная антенна с механическим сканированием содержит систему перископических плоских поворотных зеркал. В волноводный тракт облучателя, выполненного в виде конического рупора, введен поляризатор, на котором установлены первый кронштейн с первым электродвигателем и второй кронштейн со вторым электродвигателем. На валу первого электродвигателя расположено первое зубчатое колесо, находящееся в зацеплении со вторым зубчатым колесом, жестко связанным с поворотной рамой. На валу второго электродвигателя расположено третье зубчатое колесо, находящееся в зацеплении с четвертым зубчатым колесом, жестко связанным с пятым зубчатым колесом, находящимся в зацеплении с шестым зубчатым колесом, ось которого перпендикулярна оси пятого зубчатого колеса. Шестое зубчатое колесо связано и соосно с валом, на котором закреплено второе зеркало, а первое зеркало закреплено на поворотной раме. Размеры зеркал и расстояние между ними выбраны минимальными с учетом перехвата энергии главного лепестка диаграммы направленности облучателя и отсутствия затенения, а именно поперечный размер первого зеркала D_1 и поперечный размер второго зеркала D_2 связаны с расстоянием от центра раскрыва облучателя до центра первого зеркала L_1 , расстоянием от центра первого зеркала до центра второго зеркала L_2 и шириной главного лепестка $2\theta_{0,5p}$ диаграммы направленности облучателя по уровню половинной мощности соотношениями

$$D_1 \geq \frac{2\sqrt{2} \left(L_1 \operatorname{tg} \theta_{0,5p} + \frac{D_p}{2} \right)}{(1 - \operatorname{tg} \theta_{0,5p})},$$

$$D_2 \geq \frac{2\sqrt{2} \left((L_1 + L_2) \operatorname{tg} \theta_{0,5p} + \frac{D_p}{2} \right)}{(1 - \operatorname{tg} \theta_{0,5p})},$$

при этом

$$L_2 > \frac{(D_1 + D_2)}{2\sqrt{2}}.$$

В раскрыве облучателя может быть установлена диэлектрическая линза.

В антенне второе зеркало может быть установлено в пазу шестого зубчатого колеса.

Техническим результатом является создание малогабаритной, легкой, простой в изготовлении и сборке конструкции, обеспечивающей механическое сканирование луча в пределах полусферы и работу на волнах с круговой поляризацией поля.

2 з.п. ф-лы, 4 фиг.

2010113207

МПК H01Q3/08

ДВУХЗЕРКАЛЬНАЯ АНТЕННА С МЕХАНИЧЕСКИМ СКАНИРОВАНИЕМ

Полезная модель относится к области радиотехники СВЧ и КВЧ диапазонов, в частности – к конструкциям двухзеркальных антенн с механическим широкоугольным сканированием луча, и может быть использована в системах связи.

Известны различные конструкции антенн с механическим сканированием луча, содержащих одно или два зеркала. В частности, известна антенна с коническим сканированием диаграммы направленности (Патент RU 2236727 С1, МПК 7 H01Q3/10, H01Q3/18, H01Q15/23. опубл. 20.09.2004г.), содержащая параболическое зеркало, облучатель в виде рупора и фазосдвигающее устройство из радиопрозрачного диэлектрического материала, установленное между облучателем и параболическим зеркалом и выполненное в виде обращенной вогнутой стороной к облучателю полусферы, которая состоит, по крайней мере, из пяти рабочих секций разной толщины и двух нерабочих секций, образующих основание полусферы и скрепленных с цилиндрическим опорным элементом, который вместе с полусферой приводится во вращательное движение вокруг оси облучателя с помощью мотора с редуктором. Секции соединены между собой боковыми гранями, образованными рассечением полусферы меридиональными плоскостями, проходящими под заданными углами к оси облучателя, а их толщины определяются расчетным путем по прилагаемой формуле. Во втором варианте изобретения рабочая диэлектрическая секция с наименьшей толщиной заменена тонкой радиопрозрачной влаго- и пылезащитной пленкой.

Такая антенна обладает рядом недостатков.

- 1) Конструкция не позволяет обеспечить сканирование луча в пределах полусферы.
- 2) Наличие затенения параболического зеркала облучателем и фазосдвигающим устройством приводит к снижению коэффициента усиления антенны и повышению уровня боковых лепестков ее диаграммы направленности.

Известно антенное устройство с линейной поляризацией (Патент RU 2282287 С1, МПК H01Q 3/20, опубл. 20.08.2006.), содержащее двухосный карданов подвес, внутренняя и наружная рамки которого механически с помощью жестких тяг и шарниров соединены с параболическим зеркалом, имеющим возможность вращения относительно центра излучения неподвижного многоканального облучателя, жестко закрепленного на основании антенного устройства, два электродвигателя вращения соответствующих рамок карданова подвеса, малое гиперболическое решетчатое зеркало, установленное с

помощью котировочных механизмов и неподвижных волноводов на основании антенного устройства. Дальний по отношению к параболическому зеркалу фокус малого гиперболического решетчатого зеркала совпадает с фокусом параболического зеркала, а в другом его фокусе размещен центр излучения неподвижного многоканального облучателя прямого облучения основного диапазона с линейной поляризацией.

Такое антенное устройство также обладает рядом недостатков.

1) Сложность конструкции, обусловленная применением зеркал сложной формы. Высокие требования к взаимному расположению зеркал и облучателя.

2) Конструкция не обеспечивает сканирование луча в пределах полусферы.

3) Антенное устройство обеспечивает работу на волнах только с линейной поляризацией поля.

4) Наличие затенения параболического зеркала малым гиперболическим зеркалом приводит к снижению коэффициента усиления антенного устройства и повышению уровня боковых лепестков его диаграммы направленности.

Известны различные конструкции антенн, обеспечивающих работу на волнах с круговой поляризацией поля. В частности, известен двухдиапазонный облучатель с круговой поляризацией поля (Патент RU 2310955 C2, МПК H01Q 13/02, опубл. 20.11.2007), содержащий последовательно соединенные рупор, первую секцию круглого волновода низкочастотного диапазона с поляризатором, прямоугольный волновод, размещенный перпендикулярно к оси первой секции круглого волновода и связанный с его внутренней областью посредством продольной щели, вторую секцию круглого волновода высокочастотного диапазона с поляризатором и питающим прямоугольным волноводом, причем первая и вторая секции круглого волновода соединены последовательно посредством плавного перехода, а питающий прямоугольный волновод соединен со второй секцией круглого волновода посредством плавного перехода.

Недостатком двухдиапазонного облучателя с круговой поляризацией поля является то, что он не обеспечивает сканирование луча в пределах полусферы.

Наиболее близким к настоящей полезной модели является устройство для ориентации антенны по азимуту и углу места (Патент RU 2020666 C1, МПК H01Q3/08, опубл. 30.09.1994) содержащее платформу, установленную с возможностью поворота вокруг угломестной оси на азимутальном валу, привод вращения азимутального вала с электродвигателем, устанавливаемым на неподвижном основании, коммуникационную трубу с системой перископических поворотных зеркал на торце, каретку, установленную на коммуникационной трубе с возможностью возвратно-поступательного перемещения и

связанную реечно-зубчатыми передачами с электродвигателем привода наведения по углу места, устанавливаемым на неподвижном основании, и платформой.

Такое устройство для ориентации антенны обладает рядом недостатков.

1) Сложность конструкции, обусловленная применением двух независимых приводов вращения по двум координатам, реечно-зубчатой передачи, каретки.

2) Большие габариты и масса устройства, связанные с применением сложной механической системы с большим количеством зубчатых колес, реечно-зубчатой передачи и неоптимальным выбором размеров зеркал и расстояний между ними.

3) Отсутствие элементов, позволяющих обеспечить работу на волнах с круговой поляризацией поля.

Технической задачей при разработке настоящей полезной модели является создание простой в изготовлении и сборке конструкции с малыми габаритами и массой при обеспечении механического сканирования луча в пределах полусферы и работы на волнах с круговой поляризацией поля.

Технический результат достигается применением в конструкции двух плоских зеркал, вращение которых обеспечивает сканирование в пределах полусферы, а размеры зеркал и расстояние между зеркалами выбраны минимальными с учетом полного перехвата энергии главного лепестка диаграммы направленности облучателя и отсутствия затенения, а также введением поляризатора и выполнением облучателя в виде конического рупора, что обеспечивает работу на волнах с круговой поляризацией поля.

Поставленная задача достигается тем, что в двухзеркальной антенне с механическим сканированием, содержащей систему перископических плоских поворотных зеркал, где первое зеркало расположено под углом 45° к оси вращения в горизонтальной плоскости, а второе зеркало расположено под углом 45° к оси вращения в вертикальной плоскости, привод вращения зеркал в горизонтальной плоскости с электродвигателем, привод вращения зеркал в вертикальной плоскости с электродвигателем, согласно полезной модели с целью минимизация массы и габаритов устройства при обеспечении механического сканирования луча в пределах полусферы и работы на волнах с круговой поляризацией поля для преобразования в режиме передачи электромагнитной волны с линейной поляризацией поля в волну с круговой поляризацией поля в волноводный тракт облучателя введен поляризатор, выход которого жестко соединен со входом облучателя, выполненного в виде конического рупора, ось которого совпадает с осью поляризатора, а на поляризаторе жестко установлены первый кронштейн, на котором закреплен первый электродвигатель, и второй кронштейн, на котором закреплен второй электродвигатель, причем первое зубчатое колесо расположено

на валу первого электродвигателя и в зацеплении со вторым зубчатым колесом, жестко связанным с поворотной рамой, а ось второго зубчатого колеса совпадает с осью поляризатора, третье зубчатое колесо расположено на валу второго электродвигателя и в зацеплении с четвертым зубчатым колесом, жестко связанным с пятым зубчатым колесом, причем оси четвертого и пятого зубчатых колес совпадают с осью поляризатора, а пятое зубчатое колесо расположено в зацеплении с шестым зубчатым колесом, ось которого перпендикулярна оси пятого зубчатого колеса, причем шестое зубчатое колесо жестко связано и соосно с валом, который консольно установлен на поворотной раме с возможностью свободного вращения, причем на валу жестко закреплено второе зеркало, а на поворотной раме жестко закреплено первое зеркало так, что через его центр проходят ось облучателя и ось вала, причем поперечный размер первого зеркала D_1 и поперечный размер второго зеркала D_2 связаны с расстоянием от центра раскрыва облучателя до центра первого зеркала L_1 , расстоянием от центра первого зеркала до центра второго зеркала L_2 , размером раскрыва облучателя D_p и шириной главного лепестка $2\theta_{0,5p}$ диаграммы направленности облучателя по уровню половинной мощности соотношениями

$$D_1 \geq \frac{2\sqrt{2} \left(L_1 \operatorname{tg} \theta_{0,5p} + \frac{D_p}{2} \right)}{(1 - \operatorname{tg} \theta_{0,5p})},$$

$$D_2 \geq \frac{2\sqrt{2} \left((L_1 + L_2) \operatorname{tg} \theta_{0,5p} + \frac{D_p}{2} \right)}{(1 - \operatorname{tg} \theta_{0,5p})},$$

при этом

$$L_2 > \frac{(D_1 + D_2)}{2\sqrt{2}}.$$

В частном случае в раскрыве облучателя может быть установлена диэлектрическая линза.

В частном случае второе зеркало может быть установлено в пазу шестого зубчатого колеса.

Полезная модель поясняется чертежом, где на фиг. 1 приведена предлагаемая двухзеркальная антенна с механическим сканированием; на фиг. 2 показана схема взаимного расположения облучателя и зеркал; на фиг. 3 представлена экспериментальная диаграмма направленности изготовленного образца двухзеркальной антенны с механическим сканированием, измеренная в вертикальной плоскости при неотклоненном луче; на фиг. 4 представлена экспериментальная диаграмма направленности

изготовленного образца двухзеркальной антенны с механическим сканированием, измеренная в вертикальной плоскости при отклоненном на 90° луче.

На фиг. 1 и фиг. 2 обозначено: 1 – поворотная рама; 2 – первое зубчатое колесо; 3 – второе зубчатое колесо; 4 – первый электродвигатель; 5 – первый кронштейн; 6 – вход антенны; 7 – прямоугольный волновод; 8 – поляризатор; 9 – второй кронштейн; 10 – второй электродвигатель; 11 – третье зубчатое колесо; 12 – четвертое зубчатое колесо; 13 – пятое зубчатое колесо; 14 – облучатель; 15 – шестое зубчатое колесо; 16 – вал; 17 – первое зеркало; 18 – второе зеркало; 19 – диэлектрическая линза; 20 – ось облучателя, 21 – паз шестого зубчатого колеса.

Прямоугольный волновод 7 со входом антенны 6 жестко соединен со входом поляризатора 8. Выход поляризатора 8 жестко соединен со входом облучателя 14, ось 20 которого совпадает с осью поляризатора 8. На поляризаторе 8 жестко установлены первый кронштейн 5, на котором закреплен первый электродвигатель 4, и второй кронштейн 9, на котором закреплен второй электродвигатель 10. Первое зубчатое колесо 2 расположено на валу первого электродвигателя 4 и в зацеплении со вторым зубчатым колесом 3, жестко связанным с поворотной рамой 1. Ось второго зубчатого колеса 3 совпадает с осью поляризатора 8. Третье зубчатое колесо 11 расположено на валу второго электродвигателя 10 и в зацеплении с четвертым зубчатым колесом 12, жестко связанным с пятым зубчатым колесом 13. Оси четвертого 12 и пятого 13 зубчатых колес совпадают с осью поляризатора 8. Пятое зубчатое колесо 13 расположено в зацеплении с шестым зубчатым колесом 15, ось которого перпендикулярна оси пятого зубчатого колеса 13. Шестое зубчатое колесо 15 жестко связано и соосно с валом 16, который консольно установлен на поворотной раме 1 с возможностью свободного вращения. На валу 16 жестко закреплено второе зеркало 18 под углом 45° к продольной оси вала 16. На поворотной раме 1 жестко закреплено первое зеркало 17 так, что через его центр проходят ось 20 облучателя и ось вала 16, а плоскость первого зеркала 17 составляет угол 45° с осью 20 облучателя и с осью вала 16.

Первое зеркало 17 и второе зеркало 18 выполнены плоскими, что позволяет снизить требования к точности их взаимного расположения и положения облучателя 14.

Облучатель 14 выполнен в виде конического рупора, что позволяет обеспечить работу на волнах с круговой поляризацией поля. В частном случае в раскрыве облучателя 14 может быть установлена диэлектрическая линза 19, обеспечивающая устранение фазовых погрешностей в раскрыве облучателя 14, что позволяет повысить коэффициент усиления двухзеркальной антенны с механическим сканированием.

Поперечный размер первого зеркала 17 D_1 выбран из условия полного перехвата энергии главного лепестка диаграммы направленности облучателя 14 первым зеркалом 17

$$D_1 \geq \frac{2\sqrt{2} \left(L_1 \operatorname{tg} \theta_{0,5p} + \frac{D_p}{2} \right)}{(1 - \operatorname{tg} \theta_{0,5p})},$$

где L_1 – расстояние от центра раскрыва облучателя 14 до центра первого зеркала 17, $2\theta_{0,5p}$ – ширина главного лепестка диаграммы направленности облучателя 14 по уровню половинной мощности, D_p – размер раскрыва облучателя 14.

Поперечный размер второго зеркала 18 D_2 с целью обеспечения полного перехвата энергии главного лепестка диаграммы направленности облучателя 14, отраженного первым зеркалом 17, выбирается из условия

$$D_2 \geq \frac{2\sqrt{2} \left((L_1 + L_2) \operatorname{tg} \theta_{0,5p} + \frac{D_p}{2} \right)}{(1 - \operatorname{tg} \theta_{0,5p})},$$

где L_2 – расстояние от центра первого зеркала 17 до центра второго зеркала 18, выбираемое из условия отсутствие затенения второго зеркала 18 первым зеркалом 17

$$L_2 > \frac{(D_1 + D_2)}{2\sqrt{2}}.$$

С целью уменьшения габаритных размеров двухзеркальной антенны с механическим сканированием может быть минимизирована длина вала 16, для чего второе зеркало 18 может быть установлено в пазу 21 шестого зубчатого колеса 15.

Устройство работает следующим образом.

Волна с линейной поляризацией поля типа H_{10} поступает на вход антенны 6 и через прямоугольный волновод 7 на вход поляризатора 8, где происходит преобразование волны с линейной поляризацией поля в волну с круговой поляризацией поля. С выхода поляризатора 8 волна с круговой поляризацией поля подается на вход облучателя 14 и далее излучается раскрывом облучателя 14. Излученная облучателем 14 волна падает на первое зеркало 17, отражается им в сторону второго зеркала 18 и после отражения от второго зеркала 18 излучается в свободное пространство.

Направление максимума излучения электромагнитных волн определяется положением первого 17 и второго 18 зеркал. С помощью первого электродвигателя 4 приводится во вращение первое зубчатое колесо 2, которое приводит в движение второе зубчатое колесо 3, жестко связанное с поворотной рамой 1. Вращение поворотной рамы 1 вызывает поворот первого 17 и второго 18 зеркал, что обеспечивает сканирование луча антенны в горизонтальной плоскости в пределах сектора $0 \dots 360^\circ$.

С помощью второго электродвигателя 10 приводится во вращение третье зубчатое колесо 11, которое приводит в движение четвертое зубчатое колесо 12, жестко связанное с

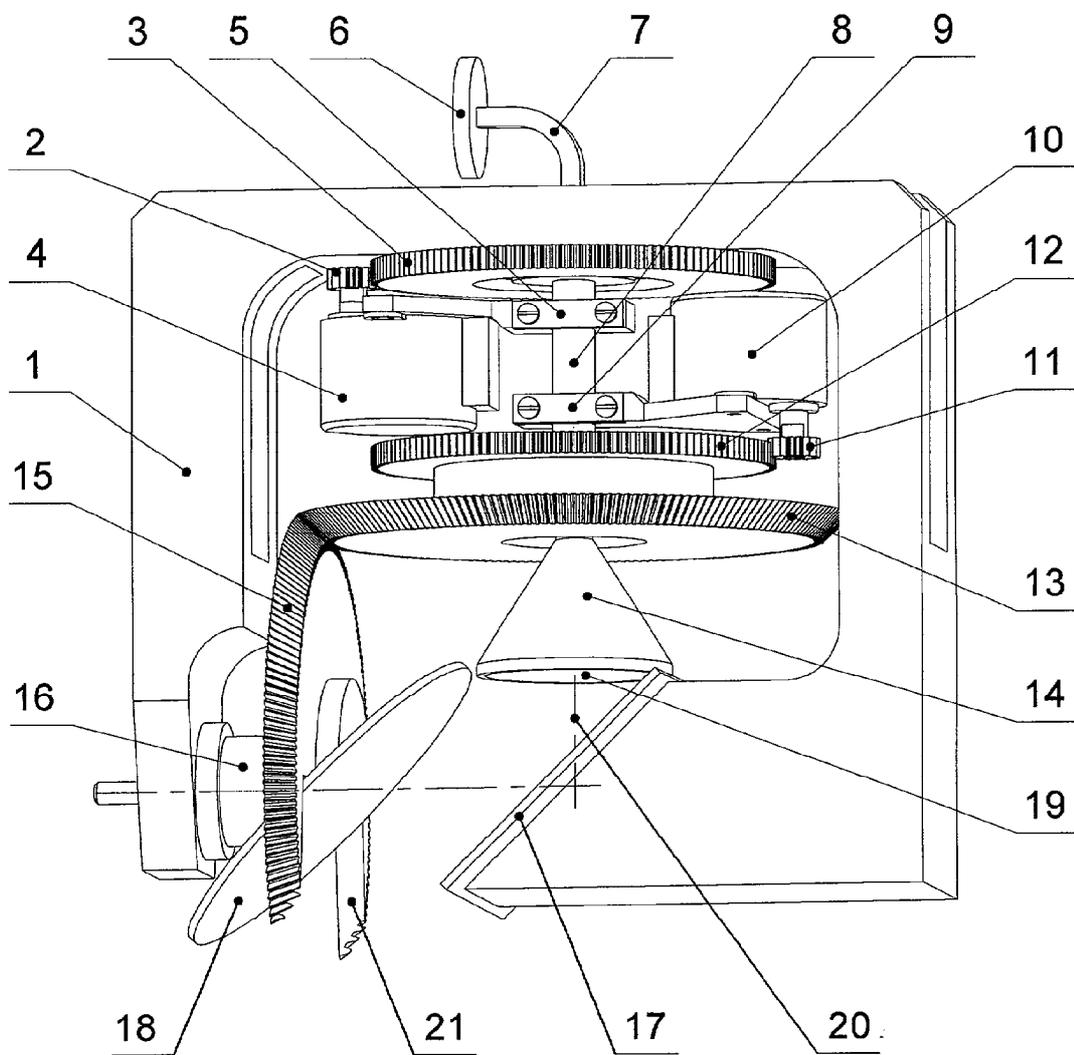
пятым зубчатым колесом 13. Пятое зубчатое колесо 13 приводит в движение шестое зубчатое колесо 15, ось которого перпендикулярна оси пятого зубчатого колеса 13. Вращение шестого зубчатого колеса 15 и жестко связанного с ним вала 16 приводит к повороту второго зеркала 18, жестко закрепленного на валу 16, что обеспечивает сканирование луча антенны в вертикальной плоскости в пределах сектора $\pm 90^\circ$, где угол отсчитывается от оси 20 конического рупора 14.

При вращении поворотной рамы 1 в горизонтальной плоскости сохранение углового положения луча в вертикальной плоскости обеспечивается при синхронном вращении с поворотной рамой 1 пятого зубчатого колеса 13, за счет чего остаются неподвижными относительно поворотной рамы 1 шестое зубчатое колесо 15 и второе зеркало 18. Это достигается при синхронном вращении второго 3 и четвертого 12 зубчатых колес, что может быть обеспечено, например, при одинаковой угловой скорости вращения валов первого 4 и второго 10 электродвигателей и равенстве чисел зубьев первого 2 и третьего 11 зубчатых колес, а также второго 3 и четвертого 12 зубчатых колес соответственно.

Минимизация массы устройства обеспечивается изготовлением поворотной рамы 1, а также второго 3, четвертого 12, пятого 13 и шестого 15 зубчатых колес из легкого материала, например пенопласта.

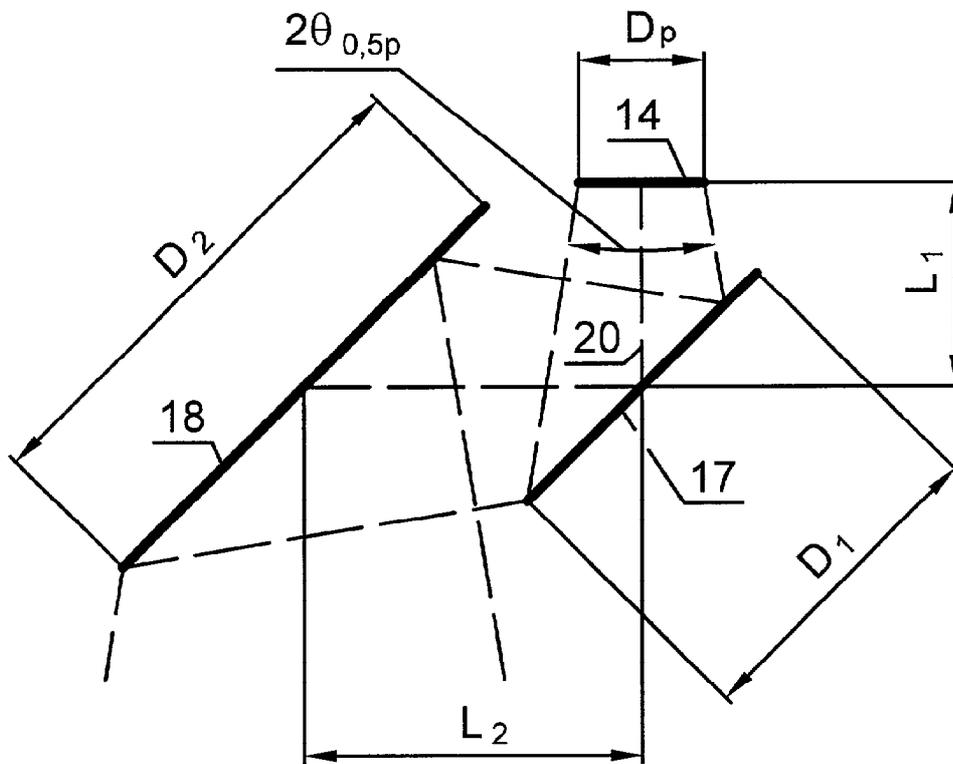
Предложенная конструкция двухзеркальной антенны с механическим сканированием может применяться при изготовлении антенн сантиметрового и миллиметрового диапазонов длин волн. В частности, такая конструкция может быть применена в качестве связной антенны беспилотного летательного аппарата. Изготовленный образец двухзеркальной антенны с механическим сканированием V-диапазона волн имеет следующие электрические характеристики: уровень боковых лепестков диаграммы направленности не превышает -15 дБ при неотклоненном луче и -10 дБ при отклоненном луче на 90° в вертикальной плоскости.

Двухзеркальная антенна с механическим сканированием



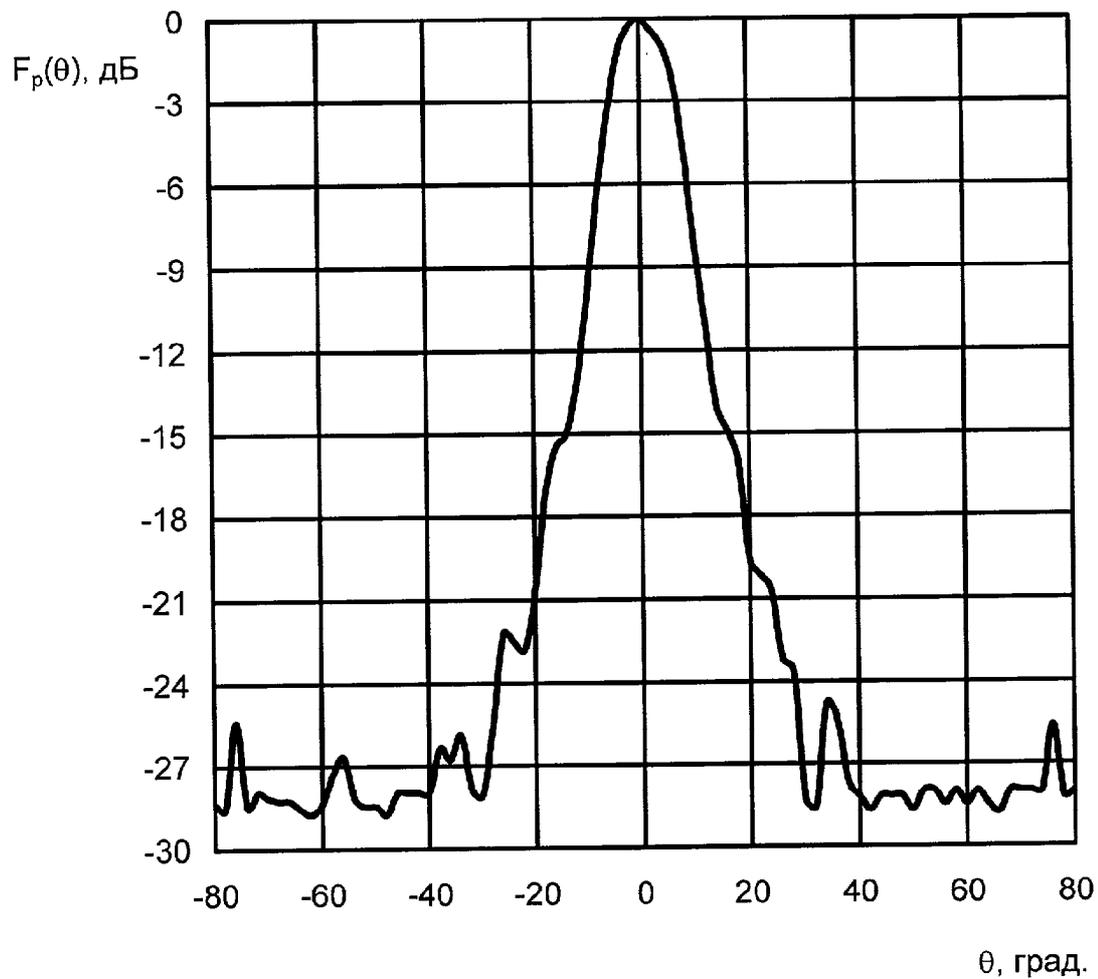
Фиг. 1. Двухзеркальная антенна с механическим сканированием

Двухзеркальная антенна с механическим сканированием



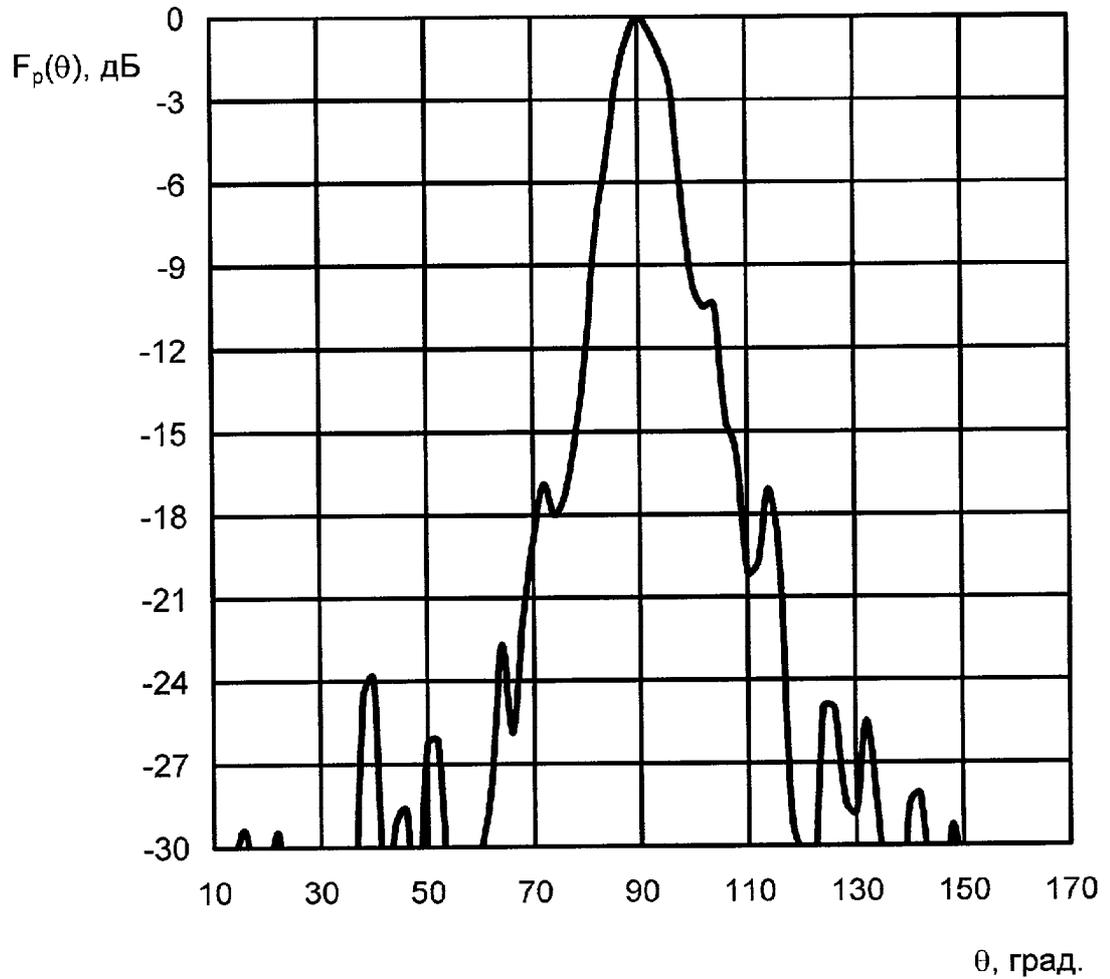
Фиг. 2. Схема взаимного расположения облучателя и зеркал

Двухзеркальная антенна с механическим сканированием



Фиг. 3. Диаграмма направленности двухзеркальной антенны с механическим сканированием в вертикальной плоскости при неотклоненном луче

Двухзеркальная антенна с механическим сканированием



Фиг. 4. Диаграмма направленности двухзеркальной антенны с механическим сканированием в вертикальной плоскости при отклоненном на 90° луче