



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 159 486** ⁽¹³⁾ **C2**
(51) МПК⁷ **H 01 Q 7/00**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

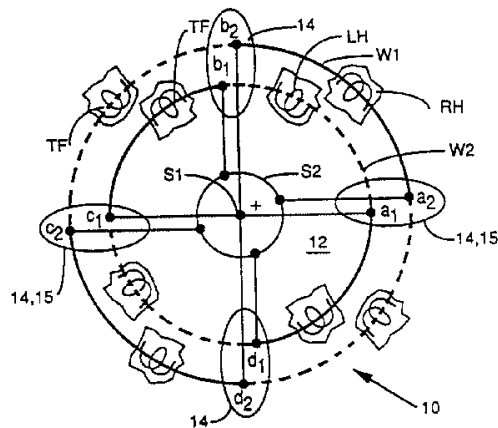
(21), (22) Заявка: 98100299/09, 06.06.1996
(24) Дата начала действия патента: 06.06.1996
(30) Приоритет: 07.06.1995 US 08/483,200
(46) Дата публикации: 20.11.2000
(56) Ссылки: US 4622558 A, 11.11.1986. SU 1083264 A, 30.03.1984. US 4751515 A, 14.06.1988. EP 0043591 A1, 13.01.1982. DE 3823972 A1, 18.01.1990. JP 07-146386 A, 06.07.1995.
(85) Дата перевода заявки РСТ на национальную фазу: 08.01.1998
(86) Заявка РСТ: US 96/09119 (06.06.1996)
(87) Публикация РСТ: WO 96/41397 (19.12.1996)
(98) Адрес для переписки: 105023, Москва, ул. Б.Семеновская, д.49, оф.404, ООО Центр "ИННОТЭК", Аргасову О.В.

(71) Заявитель:
УЭСТ ВИРДЖИНИЯ ЮНИВЕРСИТИ (US)
(72) Изобретатель: КРЕЙВЕН Роберт П.М. (US),
ПРИНКИ Майкл Т. (US), СМИТ Джеймс (US)
(73) Патентообладатель:
УЭСТ ВИРДЖИНИЯ ЮНИВЕРСИТИ (US)

(54) ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ АНТЕННА (ВАРИАНТЫ)

(57) Изобретение относится к передающим и приемным антеннам. Техническим результатом является создание компактной антенны с вертикальной поляризацией. Заявляемая антенна имеет обмотки, которые намотаны во встречном направлении в сегментах на тороиде и которые имеют противоположные токи на выбранных сегментах. Описанная антенна имеет один или более изолированных проводящих контуров с обмотками, которые намотаны во встречном направлении вокруг и поверх поверхности, например, сферической поверхности, в общем сферической поверхности, многократно соединенной поверхности, тороидальной поверхности или полусферической поверхности. Изолированные проводящие контуры могут образовывать одну или более бесконечных токопроводящих дорожек вокруг и поверх поверхности. Обмотки могут иметь спиральную конфигурацию, частично спиральную конфигурацию, полоидальнопериферийную конфигурацию

или могут быть изготовлены из проводника с прорезями на тороиде. Обмотки полоидальной рамки описаны с проводником на тороиде, который имеет две пластины, которые служат обкладками конденсатора для рамок, селективно соединенных с одной из пластин. 4 с. и 37 з.п.ф-лы, 72 ил.



ФИГ. 1



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 159 486** ⁽¹³⁾ **C2**
 (51) Int. Cl.⁷ **H 01 Q 7/00**

RUSSIAN AGENCY
 FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 98100299/09, 06.06.1996
 (24) Effective date for property rights: 06.06.1996
 (30) Priority: 07.06.1995 US 08/483,200
 (46) Date of publication: 20.11.2000
 (85) Commencement of national phase: 08.01.1998
 (86) PCT application:
 US 96/09119 (06.06.1996)
 (87) PCT publication:
 WO 96/41397 (19.12.1996)
 (98) Mail address:
 105023, Moskva, ul. B.Semenovskaja, d.49,
 of.404, OOO Tsentr "INNOTEhK", Argasovu O.V.

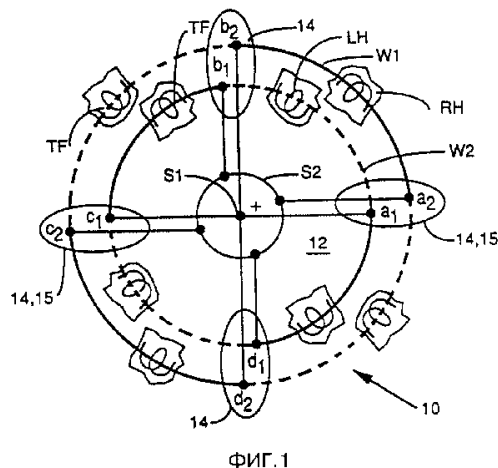
(71) Applicant:
 UehST VIRdZhinIA JuNIVERSITI (US)
 (72) Inventor: KREJVEN Robert P.M. (US),
 PRINKI Majkl T. (US), SMIT Dzhejms (US)
 (73) Proprietor:
 UehST VIRdZhinIA JuNIVERSITI (US)

(54) **ELECTROMAGNETIC ANTENNA (DESIGN VERSIONS)**

(57) Abstract:

FIELD: transmitting and receiving antennas. SUBSTANCE: antenna has coils differentially wound on toroid segments and carrying opposing currents in chosen segments. Proposed antenna has one or more insulated conducting circuits with coils differentially wound around and onto surface, for example, on spherical one, multiple-connection surface, toroidal surface, or semi-spherical surface. Insulated conducting loops may form one or more endless current-conducting tracks around and above surface. Coils may be of spiral, partially spiral, centrod-peripheral configuration, or they may be made of conductor with slits on toroid. Centrod-frame coils are described with conductor on toroid incorporating two strips functioning as capacitor plates for frames selectively connected to one of

strips. EFFECT: reduced space requirement of vertically polarized antenna. 41 cl, 72 dwg



Изобретение относится к передающим и приемным антеннам и, в частности, к спиральным антеннам.

Эффективность антенны при частоте возбуждения находится в прямой зависимости от эффективной электрической длины, которая зависит от скорости распространения сигнала в соответствии с хорошо известным уравнением

$$\lambda = C/f$$

где C - скорость света в свободном пространстве,

λ - длина волны,

f - частота.

Как известно, электрическая длина антенны должна быть равна длине волны, половине длине волны (симметричный вибратор) или одной четверти волны с экраном для минимизации всех, но действительных электрических сопротивлений антенны. Если эти требования не соблюдаются, то импеданс антенны изменяется, создавая стоячие волны на антенне и антенном фидере (линии передачи), увеличивая коэффициент стоячей волны, приводящие к потере мощности и получению меньшей энергии излучения.

Типовая вертикальная гибкая штыревая антенна (несимметричный вибратор) имеет ненаправленную диаграмму вертикальной поляризации и может быть сравнительно небольшой при высоких частотах, например при ультравысоких частотах. Однако при низких частотах размер становится проблематичным, приводя к очень длинным линиям и высоким матчам антенн, используемым в низкочастотном и среднечастотном диапазонах. Качество дальней передачи в низкочастотных диапазонах является предпочтительным, но антенна, особенно направленная антенная решетка, может оказаться слишком большой, чтобы иметь компактный портативный передатчик. Даже при высоких частотах может быть выгодным иметь физически меньшую антенну, но обладающую такими же эффективностью и рабочими характеристиками, что и обычный несимметричный или симметричный вибратор.

В течение многих лет были использованы различные способы создания компактных антенн с характеристиками направленности, особенно с вертикальной поляризацией, которая, как было установлено, более эффективна (более высокая дальность действия), чем горизонтальная поляризация, по той причине, что антенны с горизонтальной поляризацией имеют больше потерь, связанных с поверхностными (земными) волнами.

С точки зрения характеристик направленности очевидно, что при использовании некоторых конфигураций антенн можно свести на нет магнитное поле, генерируемое в антенне при особой поляризации, и, в то же самое время, увеличить электрическое поле, которое нормально магнитному полю. Аналогичным образом, можно свести на нет электрическое поле и, в то же самое время, увеличить магнитное поле.

Принцип эквивалентности, который хорошо известен в области электромагнитной техники, гласит, что два источника, генерирующих одинаковое поле в данной

области, должны быть эквивалентны и что может быть эквивалентность между источниками электрического тока и соответствующими источниками магнитного тока. Объяснение этого дано в разделе 3-5 работы Р.Ф. Харрингтона "Электромагнитные поля с временными гармониками" (1961). Для случая линейного элемента симметричного вибратора, который несет линейные электрические токи, эквивалентный источник магнитного поля выполняется круглым азимутальным кольцом магнитного тока (поля). Соленоид электрического тока является очевидным способом создания линейного магнитного тока (поля). Соленоид электрического тока, расположенный на тороидальной поверхности, обеспечивает создание необходимого круглого азимутального кольца магнитного тока (поля).

Тороидальная спиральная антенна состоит из спиральной проводящей обмотки на тороидальном сердечнике и создает характеристики излучения электромагнитной энергии в диаграмме направленности, которая аналогична диаграмме направленности электрической симметричной антенны, имеющей ось, которая нормальна плоскости тороидального сердечника и concentрична ему. Эффективный импеданс линии передачи спирального проводника тормозит (относительно скорости распространения в свободном пространстве) распространение волн от точки питания проводника спиральной конструкции. Уменьшенная скорость и круговой ток в этой конструкции делает возможным создание тороидальной антенны, имеющей размер порядка величины или меньше, чем размер соответствующего резонансного симметричного вибратора (линейная антенна). Тороидальная конструкция имеет низкий коэффициент формы, поскольку тороидальная спиральная конструкция физически меньше конструкции простого резонансного симметричного вибратора, но с аналогичными электрическими параметрами излучателя. Простая конфигурация однофазного фидера дает диаграмму направленности, сравнимую с диаграммой направленности полуволнового симметричного вибратора, но в намного меньшем корпусе.

В этом контексте, в патентах США N 4622558 и N 4751515 описаны некоторые аспекты тороидальных антенн, как способы создания компактной антенны путем замены обычной линейной антенны саморезонансной конструкцией, которая генерирует излучение с вертикальной поляризацией, которое будет распространяться с меньшими потерями при прохождении над Землей. Для низких частот, саморезонансные вертикальные линейные антенны, как указано выше, не имеют практического значения и саморезонансная конструкция, описываемая в этих патентах, до некоторой степени ослабевает проблему физически громоздких и электрически неэффективных вертикальных элементов при низких частотах.

В вышеуказанных патентах вначале описывается монофилярная тороидальная спираль как строительный блок для более сложных направленных антенн. Такие антенны могут содержать множество токопроводящих дорожек, питаемых

сигналами, относительную фазу которых регулируют либо внешними пассивными цепями, либо с помощью специальных саморезонансных характеристик. В общем, в этих патентах описывается применение так называемых тороидальных обмоток со встречной намоткой для обеспечения вертикальной поляризации. Тороидальные обмотки со встречной намоткой, описываемые в этих патентах, являются обмотками необычной конструкции, имеющими только две клеммы, как описано в работе С. К. Бедсэлла и Т. Е. Эверхарта "Модифицированные спиральные цепи со встречной намоткой для высокоомных ламп берущей волны", IRE Transaction on Electron Devices, октябрь, 1956 год, стр. 190. В патентах описаны различия между магнитными и электрическими полями/токами и показано, что физически наложенные друг на друга две монофилярные цепи, которые получены встречной намоткой относительно друг друга на тороид, могут быть использованы для создания антенны с двухканальным сигнальным входом, имеющей вертикальную поляризацию. Основу этой конструкции составляет линейная спираль, расчетные формулы для которой были впервые разработаны в 1953 году Кандоаном и Сихаком (как указано в патенте США N 4622558).

Предшествующий уровень техники, например в вышеупомянутых патентах, определялся элементарными тороидальными вариантами осуществления, используемыми в качестве элементарных строительных блоков для более сложных конструкций, например двухтороидальных конструкций, ориентированных для моделирования конструкций со встречной намоткой. Например, в вышеупомянутом патенте описан тор (сложный или простой), длина окружности которого, определяемая малой осью тора, должна быть равна целому числу длин направленных волн.

Простая тороидальная антенна (тороидальная антенна монофилярной конструкции) реагирует на компоненты электрического и магнитного поля входных (принимаемых) или выходных (передаваемых) сигналов. С другой стороны, многофилярные конструкции могут иметь одно направление шага или разное направление шага в отдельных обмотках на отдельных тороидах, позволяя обеспечивать направленность антенны и управление поляризацией. Одна из спиралей имеет кольцевую и мостовую конструкцию, которая обладает некоторыми, но не всеми качествами базовой конфигурации обмотки со встречной намоткой.

Как известно, линейный соленоид генерирует линейное магнитное поле вдоль своей центральной оси. Направление магнитного поля определяют с помощью "правила правой руки", в соответствии с которым, если пальцы правой руки согнуты внутрь к ладони и указывают направление кругового тока, то большой палец этой руки указывает направление магнитного поля. (См., например, фиг. 47.) Если это правило применяют к обмотке соленоида с правой намоткой (как резьба в винте с правой резьбой), то электрический ток и результирующее магнитное поле имеют одно

направление, а если - к обмотке соленоида с левой намоткой, то электрический ток и результирующее магнитное поле имеют противоположные направления. Магнитное поле, генерируемое соленоидом, иногда называют магнитным током. Путем комбинирования обмоток с правой и левой намотками на одной оси для создания обмотки со встречной намоткой и подавая на отдельные элементы обмотки электрические токи, имеющие противоположные направления, эффективно уменьшают общий электрический ток до нуля, тогда как общее магнитное поле удваивается, по сравнению с магнитным полем одной обмотки.

Известно также, что симметричная электрическая линия передачи, питаемая источником синусоидального переменного тока и имеющая оконечную нагрузку, распространяет волны тока от источника к нагрузке. Эти волны отражаются в нагрузке и распространяются назад к источнику, общее распределение тока в линии передачи находят из суммы падающих и отраженных волн, которые могут быть охарактеризованы как стоячие волны на линии передачи. (См., например, фиг. 13). В симметричной линии передачи токовые компоненты в каждом проводнике в любой данной точке вдоль линии равны по величине, но противоположны по полярности, что эквивалентно одновременному распространению противоположно поляризованных волн одинаковой величины вдоль отдельных проводников. Вдоль данного проводника, распространение положительного тока в одном направлении эквивалентно распространению отрицательного тока в противоположном направлении. Относительная фаза падающей и отраженной волн зависит от импеданса нагрузки Z_L . Если I_0 величина падающего тока, а I_1 величина отраженного тока, то со ссылкой на фиг. 13 коэффициент отражения ρ_i определяют из уравнения

$$\rho_i = \frac{I_1}{I_0} = \frac{-I_1}{I_0} = \frac{\frac{Z_L}{Z_0} + 1}{\frac{Z_L}{Z_0} - 1}$$

Поскольку падающий и отраженный токи проходят в противоположных направлениях, эквивалентный отраженный ток, $I_1 = -I_1$, дает величину отраженного тока относительно направления падающего тока I_0 .

Задачей настоящего изобретения является создание компактной антенны с вертикальной поляризацией, особенно пригодной в случаях применения длинных волн низкой частоты, но полезной при любой частоте, где требуется физически низкий профиль или не бросающийся в глаза модуль антенны.

Другой задачей настоящего изобретения является создание направленной антенны, пригодной для применения на автомобиле или корабле.

Дополнительной задачей настоящего изобретения является создание антенны, которая была бы приблизительно всенаправленной во всех направлениях.

Другой дополнительной задачей

настоящего изобретения является создание антенны, имеющей максимальный коэффициент направленного действия излучения в направлениях, нормальных направлению поляризации, и минимальный коэффициент направленного действия излучения в направлении поляризации.

Еще одной дополнительной задачей является создание антенны, имеющей упрощенную конфигурацию фидера, которая легко согласовывается с мощным источником радиочастотного сигнала.

Другой задачей настоящего изобретения является создание антенны, которая увеличивает энергию излучения в радиальном направлении.

Дополнительной задачей настоящего изобретения является создание антенны, которая увеличивает энергию излучения в вертикальном направлении.

В соответствии с настоящим изобретением тороидальная антенна имеет тороидальную поверхность и первую и вторую обмотки, которые содержат изолированные проводники, каждый из которых проходит как один замкнутый контур вокруг поверхности в разделенной на сегменты спиральной конфигурации. Тороид имеет четное число сегментов, например, четыре сегмента, но, как правило, число сегментов больше или равно двум. Каждая часть одного из непрерывных проводников в данном сегменте является обмоткой со встречной намоткой относительно части того же проводника в смежных сегментах. Смежные сегменты одного проводника встречаются в узлах или соединениях (точках изменения направления намотки на обратное). Каждый из двух непрерывных проводников относительно друг друга в каждом сегменте тороида являются проводниками со встречной намоткой. Пара узлов (вход) расположена на границе между каждой смежной парой сегментов. От сегмента к сегменту полярность тока от источника униполярного сигнала меняется на обратное, благодаря соединениям на входе, по отношению к проводникам, с которыми соединены узлы входа.

В соответствии с настоящим изобретением, проводники в соединениях, расположенных на каждом другом входе, разделены и разделенные концы заканчиваются согласованными чисто реактивными сопротивлениями, которые обеспечивают фазовый сдвиг на девяносто градусов соответствующих отражаемых токовых сигналов. Это обеспечивает одновременное аннулирование электрических токов и генерирование квазиоднородного азимутального магнитного тока (поля) в конструкции, создавая электромагнитное излучение с вертикальной поляризацией.

В соответствии с настоящим изобретением проводящие рамки "полоидально" равномерно разнесены на поверхности вращения так, чтобы большая ось каждой рамки образовывала касательную к малой оси поверхности вращения. Относительно большой оси поверхности вращения, центральные концы всех рамок соединены вместе на второй клемме. Источник униполярного сигнала соединен с двумя клеммами и, поскольку рамки электрически соединены параллельно, магнитные поля, образуемые всеми рамками,

находятся в одной фазе, генерируя, таким образом, квазиоднородное азимутальное магнитное поле, вызывающее вертикально поляризованное всенаправленное излучение.

5 В соответствии с настоящим изобретением по мере увеличения числа рамок проводящие элементы становятся проводящей поверхностью вращения, на которой могут быть непрерывные или радиальные прорезы. Рабочую частоту уменьшают введением либо

10 последовательной индуктивности или параллельной емкости относительно клемм составной антенны.

В соответствии с настоящим изобретением емкость может быть введена посредством размещения двух параллельных проводящих пластин, которые выполняют

15 роль ступицы для проводящей поверхности вращения. Поверхность вращения прорезана в соединении с пластинами, причем одна пластина электрически соединена с одной

20 стороной прореза, а другая пластина соединена с другой стороны прореза. Проводящая поверхность вращения может быть дополнительно прорезана для эмуляции ряда элементарных рамочных антенн. Полоса рабочих частот этой конструкции может быть

25 увеличена, если радиус и форма поверхности вращения изменяются с соответствующим углом вращения.

В соответствии с настоящим изобретением электромагнитная антенна имеет многократно соединенную поверхность;

30 первое изолированное проводящее средство, проходящее в первой, как правило, спиральной токопроводящей дорожке вокруг и, по меньшей мере, частично по многократно соединенной поверхности, по меньшей мере,

35 с первым направлением шага спирали; второе изолированное проводящее средство, проходящее во второй, как правило, спиральной токопроводящей дорожке вокруг и, по меньшей мере, частично по многократно

40 соединенной поверхности, по меньшей мере, со вторым направлением шага спирали, которое противоположно первому направлению шага спирали, так, что первое и второе изолированные проводящие средства

45 проходят во встречном направлении относительно друг друга вокруг и, по меньшей мере, частично по многократно соединенной поверхности; первую и вторую сигнальные клеммы, соответственно, электрически соединенные с первым и вторым

50 изолированными проводящими средствами; и отражатель для направления сигнала антенны относительно многократно соединенной поверхности для приема или передачи сигнала антенны.

Электромагнитная антенна, соответствующая настоящему изобретению,

55 имеет многократно соединенную поверхность, имеющую большую ось; первое изолированное проводящее средство, проходящее в первой частично спиральной токопроводящей дорожке вокруг и, по

60 меньшей мере, частично по многократно соединенной поверхности, по меньшей мере, с первым направлением шага спирали; второе изолированное проводящее средство, проходящее во второй частично спиральной токопроводящей дорожке вокруг и, по

меньшей мере, частично по многократно соединенной поверхности по меньшей мере

со вторым направлением шага спирали, которое противоположно первому направлению шага спирали, так, что первое и второе изолированные проводящие средства проходят во встречном направлении относительно друг друга вокруг и, по меньшей мере, частично по многократно соединенной поверхности, причем первая и вторая частично спиральные токопроводящие дорожки, когда они перпендикулярны большой оси многократно соединенной поверхности, как правило, проходят в радиальном направлении относительно большой оси многократно соединенной поверхности, или же в другом случае являются, как правило, ориентированными спирально; и первую и вторую сигнальные клеммы, соответственно, электрически соединенные с первым и вторым изолированными проводящими средствами.

Электромагнитная антенна, соответствующая настоящему изобретению, имеет, как правило, сферическую поверхность, имеющую канал вдоль ее большой оси; первое изолированное проводящее средство, проходящее в первой частично спиральной токопроводящей дорожке вокруг и, по меньшей мере, частично по, как правило, сферической поверхности, по меньшей мере, с первым направлением шага спирали; второе изолированное проводящее средство, проходящее во второй частично спиральной токопроводящей дорожке вокруг и, по меньшей мере, частично по, как правило, сферической поверхности, по меньшей мере, со вторым направлением шага спирали, которое противоположно первому направлению шага спирали, так, что первое и второе изолированные проводящие средства проходят во встречном направлении относительно друг друга вокруг и, по меньшей мере, частично по, как правило, сферической поверхности, причем первая и вторая частично спиральные токопроводящие дорожки проходят через канал, как правило, сферической поверхности и, как правило, параллельны ее большой оси в канале, или же в другом случае являются, как правило, ориентированными спирально; и первую и вторую сигнальные клеммы, соответственно, электрически соединенные с первым и вторым изолированными проводящими средствами.

Электромагнитная антенна, соответствующая настоящему изобретению, имеет многократно соединенную поверхность, имеющую большой радиус, величина которого больше нуля, и малый радиус, величина которого больше величины большого радиуса; первое изолированное проводящее средство, проходящее в первой частично спиральной токопроводящей дорожке вокруг и, по меньшей мере, частично по многократно соединенной поверхности, по меньшей мере, с первым направлением шага спирали; второе изолированное проводящее средство, проходящее во второй частично спиральной токопроводящей дорожке вокруг и, по меньшей мере, частично по многократно соединенной поверхности, по меньшей мере, со вторым направлением шага спирали, которое противоположно первому направлению шага спирали, так, что первое и второе изолированные проводящие средства проходят во встречном направлении

относительно друг друга вокруг и, по меньшей мере, частично по многократно соединенной поверхности; и первую и вторую сигнальные клеммы, соответственно, электрически соединенные с первым и вторым изолированными проводящими средствами.

Электромагнитная антенна, соответствующая настоящему изобретению, имеет сферическую поверхность; первое изолированное проводящее средство, проходящее в первой частично спиральной токопроводящей дорожке вокруг и, по меньшей мере, частично по сферической поверхности, по меньшей мере, с первым направлением намотки; второе изолированное проводящее средство, проходящее во второй частично спиральной токопроводящей дорожке вокруг и, по меньшей мере, частично по, как правило, сферической поверхности по меньшей мере со вторым направлением намотки, которое противоположно первому направлению намотки, так, что первое и второе изолированные проводящие средства проходят относительно друг друга во встречном направлении вокруг и, по меньшей мере, частично по сферической поверхности; и первую и вторую сигнальные клеммы, соответственно, электрически соединенные с первым и вторым изолированными проводящими средствами.

Электромагнитная антенна, соответствующая настоящему изобретению, имеет полусферическую поверхность; первое изолированное проводящее средство, проходящее в первой частично спиральной токопроводящей дорожке вокруг и, по меньшей мере, частично по, как правило, полусферической поверхности, по меньшей мере, с первым направлением намотки; второе изолированное проводящее средство, проходящее во второй частично спиральной токопроводящей дорожке вокруг и, по меньшей мере, частично по полусферической поверхности, по меньшей мере, со вторым направлением намотки, которое противоположно первому направлению намотки, так, что первое и второе изолированные проводящие средства проходят относительно друг друга во встречном направлении вокруг и, по меньшей мере, частично по полусферической поверхности; и первую и вторую сигнальные клеммы, соответственно, электрически соединенные с первым и вторым изолированными проводящими средствами.

Другие задачи, преимущества и элементы настоящего изобретения будут очевидными для квалифицированного в этой области техники специалиста.

Эти и другие задачи настоящего изобретения станут более понятными из приводимого ниже подробного описания изобретения со ссылкой на прилагаемые сопроводительные чертежи.

Фиг. 1 - схематическое изображение четырехсегментной спиральной антенны, соответствующей настоящему изобретению.

Фиг. 2 - увеличенное изображение обмоток, показанных на фиг.1.

Фиг. 3 - увеличенное изображение обмоток в альтернативном варианте осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 4 - схематическое изображение двухсегментной (состоящей из двух частей)

спиральной антенны, соответствующей варианту осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 5 - спиральная антенна с двумя входами, имеющая регулируемые импедансы в точках изменения направления намотки на обратное.

Фиг. 6 - диаграмма поля, иллюстрирующая диаграмму направленности по напряженности поля, для антенны, показанной на фиг. 1.

Фиг. 7-9 - диаграммы электрического и магнитного полей относительно тороидальных узловых положений для антенны, показанной на фиг.1.

Фиг. 10-12 - диаграммы электрического и магнитного поля относительно тороидальных положений между узлами для антенны, показанной на фиг.4.

Фиг. 13 - известная эквивалентная цепь для линии передачи с оконечной нагрузкой.

Фиг. 14 - увеличенное изображение полоидальных обмоток на тороиде, соответствующем настоящему изобретению, для обеспечения возможности настройки, улучшения подавления электрического поля и упрощения конструкции.

Фиг. 15 - упрощенная структурная схема варианта осуществления четырехквадрантной антенны, соответствующей настоящему изобретению, с элементами согласования по сопротивлению и фазе.

Фиг. 16 - увеличенное изображение обмоток антенны, соответствующей настоящему изобретению, с первичной и вторичной катушками для согласования сопротивлений, соединяющими обмотки.

Фиг. 17 - эквивалентная цепь для антенны, соответствующей настоящему изобретению, иллюстрирующая средства настройки.

Фиг. 18 и 19 - схематические изображения части тороидальной антенны, в которой для целей настройки, использованы закрытые металлические фольговые настроечные элементы вокруг тороида, как показано на фиг. 17.

Фиг. 20 - схематическое изображение антенны, соответствующей настоящему изобретению, в которой использован настроечный конденсатор, расположенный между противоположными узлами.

Фиг. 21 - эквивалентная цепь альтернативного способа настройки квадрантной антенны, соответствующей настоящему изобретению.

Фиг. 22 - антенна, соответствующая настоящему изобретению, с проводящей фольговой оберткой (на тороиде) для настройки, как показано на фиг. 21.

Фиг. 23 - сечение по линии 23-23, показанной на фиг. 24.

Фиг. 24 - изометрическое изображение антенны, соответствующей настоящему изобретению, покрытой фольгой.

Фиг. 25 - альтернативный вариант осуществления антенны, соответствующей настоящему изобретению, с "осевой симметрией".

Фиг. 26 - функциональная блок-схема ЧМ-передатчика, в котором использовано устройство для параметрической настройки, управляемое модулятором.

Фиг. 27 - всенаправленная полоидальная рамочная антенна.

Фиг. 28 - вид сбоку на одну рамку в антенне, показанной на фиг. 27.

Фиг. 29 - эквивалентная цепь для рамочной антенны.

Фиг. 30 - вид сбоку на квадратную рамочную антенну.

5 Фиг. 31 - изометрическое изображение цилиндрической рамочной антенны, соответствующей настоящему изобретению, с частичным вырезом.

10 Фиг. 32 - сечение по линии 32-32, показанной на фиг.31, на котором иллюстрируется диаграмма тока в обмотках.

Фиг. 33 - частичное изображение тороида с прорезями для настройки и для эмуляции полоидальной рамочной конфигурации, соответствующей настоящему изобретению.

15 Фиг. 34 - тороидальная антенна с настроечным контуром тороидального сердечника.

Фиг. 35 - эквивалентная цепь для антенны, показанной на фиг.34.

20 Фиг. 36 - вырез тороидальной антенны с центральным устройством для емкостной настройки, соответствующим настоящему изобретению.

Фиг. 37 - вырез альтернативного варианта осуществления антенны, показанной на фиг. 36, с полоидальными обмотками.

25 Фиг. 38 - альтернативный вариант осуществления антенны с настроечным конденсатором переменной емкости.

30 Фиг. 39 - вид сверху квадратной тороидальной антенны, соответствующей настоящему изобретению, для увеличения полосы рабочих частот антенны и с прорезями для настройки или для эмуляции полоидальной рамочной конфигурации.

Фиг. 40 - сечение по линии 40-40, показанной на фиг. 39.

35 Фиг. 41 - вид сверху альтернативного варианта осуществления антенны, показанной на фиг. 39, имеющей шесть боковых поверхностей с прорезями для настройки или для эмуляции полоидальной конфигурации.

Фиг. 42 - сечение по линии 42-42, показанной на фиг.41.

40 Фиг. 43 - известная линейная спираль.

Фиг. 44 - известная аппроксимированная линейная спираль.

Фиг. 45 - сложная эквивалентная конфигурация, показанная на фиг. 45, при допущении, что магнитное поле однородно или квазиоднородно по длине спирали.

Фиг. 46 - тороидальная спиральная антенна со встречной намоткой, имеющая внешнюю рамку, сдвиг по фазе и линейное регулирование.

50 Фиг. 47 - известные эквивалентные цепи правого и левого направления и соответствующие электрические и магнитные поля.

55 Фиг. 48 - схематическая иллюстрация антенны последовательного питания, соответствующей варианту осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 49 - схематическая иллюстрация другой антенны последовательного питания.

60 Фиг. 50 - схематическая иллюстрация другой антенны, имеющей один или два питаемых входа.

Фиг. 51 - типичная угломестная диаграмма направленности излучения для антенн, показанных на фиг. 48-51.

Фиг. 52 - изометрическое изображение тороидальной антенны с параболическим отражателем.

Фиг. 53 - вертикальное сечение тороидальной антенны, показанной на фиг. 52.

Фиг. 54 - изометрическое изображение тороидальной антенны с другим параболическим отражателем.

Фиг. 55 - вертикальное сечение тороидальной антенны, показанной на фиг. 54.

Фиг. 56 - изометрическое изображение цилиндрической антенны, имеющей проводники, проходящие во встречном направлении относительно друг друга, с частично спиральной и частично радиальной токопроводящими дорожками.

Фиг. 57 - типичная угломестная диаграмма направленности излучения для тороидальной антенны, имеющей спиральные токопроводящие дорожки.

Фиг. 58 - типичная угломестная диаграмма направленности излучения для антенны, показанной на фиг. 56.

Фиг. 59 - изометрическое изображение сферического тороида, имеющего, как правило, круглое поперечное сечение и центральный канал.

Фиг. 60 - типичная угломестная диаграмма направленности излучения для тороидальной антенны, имеющей спиральные токопроводящие дорожки.

Фиг. 61 - типичная угломестная диаграмма направленности излучения для антенны, показанной на фиг. 59.

Фиг. 62 - изометрическое изображение вертикального разреза тороида, имеющего малый радиус больше большого радиуса.

Фиг. 63 - вид сверху проводника со спиральной токопроводящей дорожкой для тороида, показанного на фиг. 62.

Фиг. 64 - изометрическое изображение проводника, показанного на фиг. 63.

Фиг. 65 - изометрическое изображение проводников, проходящих во встречном направлении относительно друг друга, со спиральными токопроводящими дорожками для тороида, показанного на фиг. 62.

Фиг. 66 - изометрическое изображение одного сферического проводника для антенны сферической формы.

Фиг. 67 - изометрическое изображение сферических проводников, проходящих во встречном направлении относительно друг друга, для антенны сферической формы.

Фиг. 68 - изометрическое изображение полусферических проводников, проходящих во встречном направлении относительно друг друга, для антенны полусферической формы.

Фиг. 69 - изометрическое изображение альтернативного одного сферического проводника для антенны сферической формы.

Фиг. 70 - изометрическое изображение альтернативных сферических проводников, проходящих во встречном направлении относительно друг друга, для антенны сферической формы.

Фиг. 71 - изометрическое изображение сферических проводников, проходящих во встречном направлении относительно друг друга, для антенны сферической формы с последовательными или параллельными точками питания.

Фиг. 72 - схематическое изображение четырехсегментной спиральной антенны для применения с тороидом, показанным на

фиг.62.

Как следует из фиг. 1, антенна 10 содержит две электрически изолированные замкнутые проводящие обмотки (контуры) W1 и W2, которые проходят вокруг тороида через 4 ($n=4$) равноугольных сегмента 12. На эти обмотки подают радиочастотный электрический сигнал от двух штырей (клемм) S1 и S2. В каждом сегменте обмотка имеет встречную намотку, то есть обмотка W1 может иметь правую намотку, как показано сплошными линиями, а обмотка W2 может иметь левую намотку, как показано пунктирными линиями. Предполагается, что каждый проводящий контур имеет одинаковое число витков спирали вокруг тороида, определяемое посредством описываемых ниже уравнений. В соединении или узле 14 каждая обмотка изменяет направление намотки на обратное (как показано в каждом вырыве). Сигнальные клеммы S1 и S2 соединены с двумя узлами и каждая пара таких узлов заканчивается "входом". В этом описании каждая пара узлов в каждом из четырех входов обозначена a1 и a2, b1 и b2, c1 и c2, d1 и d2. На фиг. 1, например, имеется четыре входа, a, b, c и d. Относительно малой оси тороида в данном входе узлы могут быть расположены в любой угловой зависимости друг относительно друга и тора, но все узлы в этой конструкции будут соответствовать этой одной угловой зависимости, если число витков в каждом сегменте равно целому числу. Например, на фиг. 2 показаны диаметрально противоположные узлы, тогда, как на фиг. 3 показаны перекрывающиеся узлы. Узлы перекрывают друг друга, но от входа к входу соединения соответствующих узлов с клеммами или штырями S1 и S2 изменяются на противоположные, как показано, давая в результате конфигурацию, в которой диаметрально противоположные сегменты имеют аналогичные параллельные соединения, причем каждая обмотка (противоположных сегментов) имеет одинаковое направление (намотки). В результате этого, в каждом сегменте токи в обмотках противоположны, но направление меняется на обратное вместе с направлением (намотки) обмотки от сегмента к сегменту. Можно увеличивать или уменьшать сегменты пока их имеется четное число, но должно быть очевидным, что узлы должны соответствовать зависимости эффективной длины линии передачи для тороида (принимаящей во внимание изменение скорости распространения вследствие спиральной обмотки и рабочей частоты). Путем чередования местоположений узлов можно регулировать поляризацию и направленность антенны, особенно с внешним импедансом 16, как показано на фиг. 5. Было установлено, что четырехсегментная конфигурация, описываемая в этой заявке, дает вертикально поляризованную всенаправленную диаграмму направленности по напряженности поля, имеющую угол θ возвышения от оси антенны и множество электромагнитных волн E1, E2, которые генерируются антенной, как иллюстрируется на фиг. 6.

Хотя на фиг. 1 иллюстрируется вариант осуществления с четырьмя сегментами, а на фиг. 4 - с двумя сегментами, должно быть

очевидно, что настоящее изобретение может быть осуществлено с любым четным числом сегментов, например с шестью сегментами. Одним преимуществом увеличения числа сегментов будет увеличение излучаемой мощности и уменьшение сложного импеданса питаемых входов антенны и в соответствии с этим упрощение задачи согласования импеданса на сигнальных клеммах со сложным импедансом сигнальных входов на антенне. Преимущество уменьшения числа сегментов заключается в уменьшении общего размера антенны.

Хотя основной задачей настоящего изобретения является обеспечение вертикально поляризованной всенаправленной диаграммы излучения, как иллюстрируется на фиг. 6, до сих пор считали, благодаря использованию принципа эквивалентности электромагнитных систем и понимания природы элементарного электрического симметричного вибратора, что этого можно достичь путем создания азимутального круглого кольца магнитного тока (поля) или потока. По этой причине, антенна будет описываться с точки зрения ее способности давать такое распределение магнитного тока (поля). В соответствии с фиг. 1 на сигнальные клеммы S1 и S2 подают симметричный сигнал. Затем этот сигнал поступает к тороидальным спиральным питаемым входам через d через посредство симметричных линий передач. Как известно из теории симметричных линий передач, в любой данной точке вдоль линии передачи токи в двух проводниках смещены по фазе на 180 градусов. При достижении узла, с которым соединяется линия передачи, электрический сигнал продолжает проходить как бегущая волна в обоих направлениях от каждого узла. Такие распределения токов вдоль их направления показаны на фиг. 7-9 для четырехсегментной, а на фиг. 10-12 для двухсегментной антенны, соответственно, на которых иллюстрируются диаграммы электрического и магнитного полей на входах или узлах, где J относится к электрическому, а M относится к магнитному току (полю). Анализ допускает, что частота сигнала отрегулирована в соответствии с антенной так, чтобы длина окружности электрической структуры была равной длине волны, и чтобы распределение тока на этой конструкции было синусоидальным при величине, которая является аппроксимацией. Тороидальные спиральные обмотки (со встречной намоткой) конструкции антенны были линией передачи, однако они образуют линию передачи, характеризующуюся утечками вследствие излучения антенны. На диаграммах фиг. 7 и фиг. 10 показано распределение электрических токов с полярностью, относящейся к направлению прохождения от узлов, из которых эти сигналы генерируются. На диаграммах фиг. 8 и фиг. 11 показано подобное распределение токов, относящееся к общему направлению против часовой стрелки, принимая во внимание, что полярность тока изменяется относительно направления. Фиг. 9 и фиг. 12 иллюстрируют соответствующее распределение магнитного тока (поля), при использовании принципов, иллюстрируемых на фиг. 1. На фиг. 8 и фиг. 11 показано, что общее распределение электрического тока на тороидальной

спиральной конструкции аннулируется. Но, как показано на фиг. 9 и фиг. 12, общее распределение магнитного тока (поля) увеличивается. Таким образом, эти сигналы в квадратурной сумме дают квазиоднородное азимутальное распределение токов.

Для осуществления настоящего изобретения должны быть удовлетворены пять основных требований: 1) антенна должна быть отрегулирована до соответствующей частоты сигнала, т. е. при этой частоте сигнала электрическая окружная длина каждого сегмента тороидальной спиральной конструкции должна быть равна одной четверти длины волны; 2) сигналы на каждом узле должны быть одинаковой амплитуды; 3) сигналы на каждом входе должны находиться в одной фазе; 4) сигналы, прикладываемые к клеммам S1 и S2, должны быть симметричными, и 5) импеданс сегментов линии передачи, соединяющей клеммы S1 и S2 с входами сигналов на тороидальной спиральной конструкции, должен быть согласован с соответствующими нагрузками на каждом конце сегмента линии передачи так, чтобы исключить отражение сигналов.

При расчете размеров антенны, использовали следующие параметры, приведенные ниже.

a - большая ось тора;

b - малая ось тора;

$D = 2 \times b$ - малый диаметр тора;

N - число витков спирального проводника, намотанного на тор;

n - число витков на единицу длины;

V_g - величина, обратная коэффициенту замедления;

$a(\text{норм.}) = a/\lambda = a$;

$b(\text{норм.}) = b/\lambda = b$;

L_w - нормированная длина проводника;

λ_g - длина волны, полученная при учете величины, обратной коэффициенту замедления, и λ для свободного пространства;

m - число сегментов антенны.

Тороидальная спиральная антенна находится при "резонансной" частоте, определяемой следующими тремя физическими параметрами:

a - большой радиус тора;

b - малый радиус тора;

N - число витков спирального проводника, намотанного на тор;

V - скорость ведомой (направляемой) волны.

Было установлено, что число независимых параметров может быть дополнительно уменьшено до двух, V_g и N, путем нормирования параметров относительно длины волны λ в свободном пространстве и переписывания уравнения в виде функций $a(V_g)$ и $b(V_g, N)$. То есть эта физическая конструкция будет иметь соответствующую резонансную частоту при длине волны λ в свободном пространстве. Для четырехсегментной антенны резонанс определяют как резонансную частоту, когда большая ось окружности тора равна длине волны. В общем, резонансная рабочая частота является резонансной частотой, при которой стоячая волна образуется на конструкции антенны, для которой каждый сегмент антенны имеет 1/4 длины ведомой волны (т. е. каждый узел 12, показанный на

фиг. 1, находится на 1/4 длины ведомой волны). При этом анализе допускается, что конструкция имеет большую окружность, равную длине одной волны, и что фидеры и обмотки имеют соответствующую конфигурацию.

Величина, обратная коэффициенту замедления, для антенны определяется из формулы

$$\frac{v_g}{c} = \frac{2\pi a}{\lambda} = \frac{4}{m} \frac{L}{\lambda} = \frac{\lambda_g}{\lambda} \quad (1)$$

Физические размеры тора могут быть нормированы относительно длин волн в свободном пространстве следующим образом

$$a = \frac{a}{\lambda} \quad b = \frac{b}{\lambda} \quad (2)$$

В работе А. Г. Кандоиана и В. Сихака "Спиральные антенны и цепи, настраиваемые в широком частотном диапазоне", Convention Record of I.R.E., 1953 National Convention, Часть 2 - Антенны и связь, стр. 42-47 приведена формула, которая позволяет предсказывать величину, обратную коэффициенту замедления для коаксиальной линии с монофилярным линейным спиральным внутренним проводником. В патентах США N 4622558 и N 4751515 эта формула была преобразована для тороидальной спиральной конфигурации, путем замены геометрических параметров. В результате было получено следующее уравнение

$$v_g = \frac{1}{\sqrt{1+20 \left(\frac{2bN}{L} \right)^{2,5} \left(\frac{2b}{\lambda} \right)^5}} \quad (3)$$

Хотя эта формула выведена для другого варианта осуществления, чем вариант, описываемый в этой заявке, она при небольшой эмпирической модификации оказалась полезной для приближенного описания настоящего изобретения с целью разработки конструкции для достижения данной резонансной частоты.

Подстановка (1) и (2) в уравнение (3) и упрощение позволяют получить уравнение

$$v_g = \frac{1}{\sqrt{1+20 \left(\frac{2bN}{\cdot 25mV_g} \right)^{2,5} (2b)^5}} = \frac{1}{\sqrt{1+160 \left(\frac{N}{\cdot 25mV_g} \right)^{2,5} b^3}} \quad (4)$$

Из уравнения (1) и (2) следует, что величина, обратная коэффициенту замедления, и нормированный большой радиус прямо пропорциональны друг другу

$$v_g = 2\pi \bar{a} \quad (5)$$

Таким образом, уравнения (4) и (5) могут быть переписаны для получения нормированных большого и малого радиусов тора в зависимости от V_g и N

$$\bar{a} = \frac{mV_g}{8\pi} \quad (6)$$

$$\bar{b} = \left(\frac{(1-v_g^2) \sqrt{v_g}}{160 \left(\frac{4N}{m} \right)^{2,5}} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (7)$$

при этом

$$\frac{\bar{b}}{\bar{a}} = \frac{b}{a} \leq 1 \quad (8)$$

Уравнения (2), (6), (7), (8) обеспечивают основные, независимые от частоты, конструкционные соотношения. Они могут быть использованы для определения физического размера антенны для данной рабочей частоты, величины, обратной коэффициенту замедления, и числа витков или для решения обратной задачи определения рабочей частоты для данной антенны определенных размеров, имеющей данное число спиральных витков.

Дополнительное ограничение, основанное на указанной работе Кандоиана и Сихака, может быть сформулировано с точки зрения нормированных параметров следующим образом

$$\frac{nD^2}{\lambda} = \frac{4Nb^2}{L\lambda} = \frac{4Nb^2}{\cdot 25mV_g} \leq \frac{1}{5} \quad (9)$$

Преобразование этого уравнения относительно b и подстановка уравнения (7) дает

$$\bar{b} = \left(\frac{(1-v_g^2) \sqrt{v_g}}{160 \left(\frac{4N}{m} \right)^{2,5}} \right)^{\frac{1}{3}} \leq \left(\frac{mV_g}{80N} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (10)$$

Преобразование уравнения (10) для разделения переменных дает

$$\frac{1-v_g^2}{v_g} \leq \frac{16}{\sqrt{5}} \frac{N}{m} = d \quad (11)$$

Решение этого уравнения второй степени дает

$$v_g \geq \frac{-d + \sqrt{d^2 + 4}}{2} \quad (12)$$

Из уравнений (6) и (8) получаем также

$$v_g \geq \frac{8\pi \bar{b}}{m} \quad (13)$$

Ограничение (13), которое выведено из ограничения (8), представляется более строгим, чем ограничение (12).

Нормированная длина спирального проводника может быть представлена как

$$\bar{L}_w = 2\pi \sqrt{(N\bar{b})^2 + \bar{a}^2} = 2\pi \bar{b} \sqrt{N^2 + \left(\frac{\bar{a}}{\bar{b}} \right)^2} \quad (14)$$

Длина провода станет минимальной, если $a=b$ и для минимального числа витков N , если $a=b$, уравнение (6) может быть переписано как

$$\bar{b} = \frac{mV_g}{8\pi} \quad (15)$$

и таким образом

$$\bar{L}_w = \frac{mV}{4} \sqrt{N^2 + 1} > \frac{mV}{4} N \quad (16)$$

Для четырехсегментной антенны $m=4$ получили

$$\bar{L}_w > V_g N \quad (17)$$

Подстановка уравнения (15) в уравнение (10) дает

$$V_g N = \left(\frac{\pi^3}{107m} (1 - V_g^2) \right)^{0.4} \quad (18)$$

Таким образом, для минимальной длины провода, минимального числа витков $N=4$ для четырехсегментной антенны может быть получено уравнение

$$V_g N = 1.151 < \bar{L}_w \quad (19)$$

В общем, длина провода будет наименьшей для небольших численных значений величин, обратных коэффициенту замедления, таким образом, уравнение (18) может быть аппроксимировано как

$$V_g N = \left(\frac{\pi^3}{107m} \right)^{0.4} \quad (20)$$

которое при подстановке в уравнение (16) дает

$$\bar{L}_w > m^8 \left(\frac{\pi^3}{320} \right)^{0.4} = 0.393m^8 \quad (21)$$

Пользуясь этими уравнениями, можно получить тороид, обладающий эффективными характеристиками передачи полуволновой линейной антенны. Опыт работы с тороидальными спиральными антеннами со встречной намоткой, разработанными в соответствии с настоящим изобретением, показал, что резонансная частота данной конструкции отличается от резонансной частоты, которую можно было бы предсказать на основе уравнений (2), (6) и (7), когда число витков N , используемое в расчетах, в два или три раза больше действительного числа витков одного из двух проводников. В некоторых случаях, действительная рабочая частота лучше всего коррелируется с длиной провода. Для данной длины тороидального спирального проводника $L_w(a, b, N)$, эта длина будет равна длине электромагнитной волны в свободном пространстве, частота которой может быть представлена как

$$f_w(a, b, N) = \frac{c}{L_w(a, b, N)} \quad (22)$$

В некоторых случаях, измеренная резонансная частота была лучше всего предсказана либо $0.75 \cdot f_w(a, b, N)$, либо $f_w(a, b, 2N)$. Например, при частоте 106 МГц линейная полуволновая антенна имела бы длину 1415 мм (55,7 дюйма), при допущении, что величина, обратная коэффициенту замедления, равна 1,0, тогда, как конструкция тороида, соответствующая настоящему изобретению, будет иметь следующие размеры.

$a = 6,955$ см (2,738 дюйма)
 $b = 1,430$ см (0,563 дюйма)
 $N = 16$ витков проволоки # 16
 $m = 4$ сегмента

Для этого варианта осуществления тороидальной конструкции, уравнения (2), (6)

и (7) предсказывают резонансную частоту 311,5 МГц и $V_g=0,454$ при $N=16$ и 166,7 МГц при $N=32$. При измеренной рабочей частоте $V_g=0,154$ и в соответствии с уравнением (4) числовое значение N для ее сохранения должно составлять 51 (витков), которое в 3,2 раза больше действительного значения для каждого проводника. В этом случае $f_w(a, b, 2N)=103,2$ МГц.

В варианте осуществления настоящего изобретения, показанного на фиг. 5, соединения на двух входах a и c к входному сигналу разорваны так же, как проводники в соответствующих узлах. Остальные четыре открытых входа $a11$ - $a21$, $a12$ - $a22$, $c11$ - $c21$ и $c12$ - $c22$ имеют оконечную реактивную катушку Z , импеданс которой согласован с волновым сопротивлением сегментов линии передачи, образованных посредством тороидальных спиральных проводниковых пар со встречной намоткой. Отражения сигналов из этих оконечных реактивных катушек обеспечивают отражение (см. фиг. 13) сигнала, который находится сдвинутым по фазе на 90 градусов относительно падающих сигналов, так что распределения тока на тороидальном спиральном проводнике аналогичны распределениям тока, характерным для варианта осуществления, показанного на фиг. 1, обеспечивая, таким образом, такую же диаграмму излучения, но с меньшим числом питающих соединений между сигнальными клеммами и сигнальными входами, что упрощает регулировку и настройку конструкции антенны.

Тороидальные проводники со встречной намоткой не обязательно могут быть спиральными, чтобы соответствовать сущности настоящего изобретения. На фиг. 14 показано одно такое альтернативное устройство ("полоидальнопериферийная конфигурация обмотки"), в соответствии с которым спираль, образуемая каждым из двух изолированных проводников $W1$, $W2$, разделена на серию несоединенных полоидальных рамок 14.1. Межсоединения образуют относительно большой оси круглые дуги. Эти два отдельных проводника везде параллельны, давая возможность этому устройству обеспечивать более точное аннулирование тороидальных компонентов электрического тока и более точное направление компонентов магнитного тока (поля), генерируемых полоидальными рамками. Этот вариант осуществления отличается более высокой межпроводниковой емкостью, которая способствует, как подтверждено экспериментально, уменьшению резонансной частоты конструкции. Резонансная частота этого варианта осуществления может быть отрегулирована посредством регулировки промежутка между параллельными проводниками $W1$ и $W2$, регулировкой относительного угла этих двух проводников со встречной намоткой относительно друг друга и относительно большой или малой оси тора.

Для обеспечения наилучшего варианта осуществления настоящего изобретения, сигналы в каждом из сигнальных входов $S1$, $S2$ должны быть симметричными относительно друг друга (т. е. быть равны по величине и - на 180 градусов отличаться по фазе). Сегменты линии передачи питающего сигнала должны быть согласованы на обоих

концах, т. е. в общем соединении сигнальной клеммы и в каждом из отдельных сигнальных входов на тороидальной спиральной конструкции со встречной намоткой. Дефекты обмоток со встречной намоткой, формы сердечника, на который они намотаны, или других элементов могут вызвать отклонения импеданса на сигнальных входах. Такие отклонения могут потребовать компенсации, например, как показано на фиг. 15, чтобы электрические токи, входящие в конструкцию антенны, были симметричными по величине и по фазе для обеспечения возможности наиболее полного аннулирования тороидальных компонентов электрического тока, как описано ниже. В самом простом случае, если импеданс сигнальных клемм (Z_0) составляет, как правило, 50 Ом, а импеданс на сигнальных входах составляет $Z_1 = m \cdot Z_0$, то в соответствии с настоящим изобретением конструкция будет содержать m питающих линий одинаковой длины и импеданса Z_1 , чтобы параллельная комбинация этих импедансов на сигнальных клеммах имела величину Z_0 . Если импеданс на сигнальных клеммах равен величине Z_1 , отличающейся от вышеуказанной, то настоящее изобретение может быть осуществлено с четвертьволновыми питающими линиями, причем длина каждой из них равна четверти волны, а волновое сопротивление $Z_f = Z_0 Z_1$. Как правило, любые импедансы могут быть согласованы посредством двухшлейфового настроечного устройства, составленного из элементов линии передачи. Как показано на фиг. 16, питающие линии от сигнальной клеммы могут быть индуктивно связаны с сигнальными входами. Помимо обеспечения возможности согласования импеданса сигнальных входов с питающей линией, такое устройство действует так же, как симметрирующее устройство для преобразования несимметричного сигнала на питающей клемме в симметричный сигнал на сигнальных входах в тороидальной спиральной конструкции со встречной намоткой. При таком способе индуктивной связи коэффициент связи между подачей сигнала и конструкцией антенны может быть отрегулирован так, чтобы давать конструкции антенны возможность свободно резонировать. Без отклонения от сущности настоящего изобретения могут быть также использованы другие средства согласования и симметрирования импеданса, фазы и амплитуды, известные квалифицированным специалистам в этой области техники.

Конструкция антенны может быть настроена разными способами. В наилучшем варианте осуществления средства настройки должны быть равномерно распределены по конструкции так, чтобы сохранять равномерный азимутальный магнитный кольцевой ток (поле). На фиг. 17 иллюстрируется применение полоидальных фольговых конструкций 18.1, 19.1 (см. фиг. 18 и фиг. 19), окружающих два изолированных проводника, предназначенных для модификации емкостной связи между двумя спиральными проводниками. Полоидные настроечные элементы могут быть разомкнутыми или замкнутыми контурами, причем последний обеспечивает

дополнительный компонент индуктивной связи. На фиг. 20 иллюстрируется средство симметрирования сигналов на конструкции антенны посредством емкостной связи разных узлов и, в частности, диаметрально противоположных узлов на одном проводнике. Емкостная связь, использующая переменный конденсатор C_1 , может быть азимутально непрерывной при применении проводящей фольги или сетки (непрерывных или сегментированных), которые параллельны поверхности тороидального сердечника. Варианты осуществления, показанные на фиг. 23 и фиг. 25, являются результатом расширения вариантов осуществления, иллюстрируемых на фиг. 17-21, в которых вся тороидальная спиральная конструкция HS окружена экраном 22.1, который везде концентричен. В идеальном случае, тороидальная спиральная конструкция HS генерирует строго тороидальные магнитные поля, которые параллельны такому экрану, так что для достаточно тонкой фольги для данной проводимости и рабочей частоты электромагнитные граничные условия удовлетворяются, обеспечивая

возможность распространения электромагнитного поля вне конструкции. Как описано в этой заявке, для настройки может быть добавлена прорезь (полоидальная) 25.1.

Конструкция тороидальной спиральной антенны со встречной намоткой является резонатором относительно высокой добротности, который может служить в качестве комбинированного настроечного элемента и излучателя для ЧМ-передатчика, как показано на фиг. 26, имеющего генератор 26.1 и усилитель 26.2 при электрическом напряжении антенны 10. Модуляция может быть осуществлена через параметрический настроечный элемент 26.3, управляемый модулятором 26.4. Частоту F_1 передачи регулируют посредством электронного регулятора емкостного или индуктивного настроечного элемента, соединенного с конструкцией антенны, либо путем прямой модификации реактивного сопротивления, либо подключением последовательных постоянных реактивных элементов (описанных ранее) так, чтобы регулировать реактивное сопротивление, которое связано с конструкцией, и, следовательно, регулировать собственную частоту тороидальной спиральной конструкции со встречной намоткой.

В другом варианте осуществления настоящего изобретения, показанном на фиг. 27, тороидальные спиральные проводники предшествующих вариантов осуществления заменены рядом из N полоидальных рамок 27.1, равномерно азимутально разнесенных вокруг тороида. Центральные части каждой рамки (относительно большого радиуса тора) на сигнальной клемме S_1 соединены вместе, тогда, как остальные внешние части каждой рамки соединены вместе на сигнальной клемме S_2 . Отдельные рамки, будучи идентичными одна другой, могут иметь произвольную форму, причем на фиг. 28 иллюстрируется рамка круглой формы, а на фиг. 30 - рамка прямоугольной формы. На фиг. 29 показана эквивалентная электрическая цепь для этой конфигурации. Каждый из отдельных рамочных сегментов

действует как обычная рамочная антенна. В составной конструкции, отдельные рамки питаются параллельно так, чтобы компоненты результирующего магнитного поля, генерируемые в соответствии с этим в каждой рамке, были по фазе и азимутально направлены относительно тороида так, чтобы в результате было образовано азимутально однородное кольцо магнитного тока (поля). Для сравнения, в тороидальной спиральной антенне со встречной намоткой поля от тороидальных компонентов спиральных проводников со встречной намоткой аннулированы так, как если бы этих компонентов не существовало, оставляя только вклады от полоидальных компонентов проводников. Таким образом, в варианте осуществления, показанном на фиг. 27, из физической конструкции исключают тороидальные компоненты, а не аннулируют соответственно генерируемые электрические поля. Увеличение числа полоидальных рамок в варианте осуществления, показанном на фиг. 27, приводит к созданию вариантов осуществления, иллюстрируемых на фиг. 31 и фиг. 33 для рамок прямоугольного и круглого профиля, соответственно. Отдельные рамки становятся непрерывными проводящими поверхностями, которые могут иметь или могут не иметь радиальных плоских прорезей для эмуляции многорабочного варианта осуществления. Такие конструкции создают азимутальные магнитные кольцевые токи (поля), которые везде параллельны проводящей тороидальной поверхности и соответствующие электрические поля которых везде перпендикулярны проводящей тороидальной поверхности. Таким образом, электромагнитные волны, генерируемые этой конструкцией, могут распространяться через проводящую поверхность при условии, что эта поверхность достаточно тонка для обеспечения непрерывного проводника. Такое устройство будет иметь эффект кольца электрических диполей при перемещении заряда между верхней и нижней сторонами конструкции, т. е. параллельно направлению большой оси тороида.

Недостатком вариантов осуществления, показанных на фиг. 27 и фиг. 31, является относительно большой размер вследствие необходимости того, чтобы окружность рамки была порядка половины длины волны резонансного режима работы. Однако размер рамки может быть уменьшен путем введения в конструкции, показанные на фиг. 27 и фиг. 31, последовательного индуктивного сопротивления или параллельного реактивного сопротивления. На фиг. 34 иллюстрируется введение последовательного индуктивного сопротивления путем образования центрального проводника варианта осуществления, показанного на фиг. 31, в катушке индуктивности 35.1. На фиг. 36 иллюстрируется введение параллельной емкости 36.1 в вариант осуществления, показанный на фиг. 31. Параллельный конденсатор выполнен в виде центрального проводника 36.1 для тороидальной конструкции TS, которая также служит для обеспечения механической опоры как для тороидального сердечника, так и для центрального электрического соединителя 36.3, посредством которого сигнал на клеммах S1 и S2 подают к конструкции

антенны. Параллельный конденсатор и конструкционный проводник образованы из двух проводящих пластин P1 и P2, выполненных из меди, алюминия или какого-либо другого цветного металла и разделенных, например, воздухом, тефлоном, полиэтиленом или другим диэлектриком 36.4, обладающим низкими диэлектрическими потерями. Соединитель 36.3 с клеммами S1 и S2 электрически соединены с параллельными пластинами P1 и P2, соответственно, в их центральной части, которые в свою очередь электрически соединены с соответствующими боковыми поверхностями тороидальной прорези на внутренней части проводящей тороидальной поверхности TS. Сигнальный ток проходит в радиальном направлении наружу от соединителя 36.3 через пластины P1 и P2 и вокруг проводящей тороидальной поверхности TS. Введение емкости, предусматриваемое посредством проводящих пластин P1 и P2, дает возможность полоидальной окружности тороидальной поверхности TS быть значительно меньше, чем бы иначе потребовалось для аналогичного состояния резонанса посредством рамочной антенны, работающей при аналогичной частоте.

Емкостной настроенный элемент, показанный на фиг. 36, может быть использован в сочетании с индуктивными рамками, показанными на фиг. 27, для образования варианта осуществления, показанного на фиг. 37, конструкция которого может быть проиллюстрирована посредством эквивалентной цепи, показанной на фиг. 38, в которой вся емкость образована с помощью плоского конденсатора (конденсатора с пластинчатыми обкладками), а вся индуктивность - с помощью проволоочных рамок. Формулы для емкости плоского конденсатора и проволоочного индуктора даны в книге Говарда В. Сэмса под редакцией Е.С. Джордана "Справочные данные для радиоинженеров", седьмое издание, 1986 год, стр.6-13

$$C = 0.225 \epsilon_r \left[(N-1) \frac{A}{t} \right] \quad (23)$$

$$L_{\text{wire}} = \frac{a}{100} \left[7.353 \log_{10} \left(\frac{16a}{d} \right) - 6.386 \right] \quad (24)$$

где C - емкость, пФ,
L_{wire} - индуктивность, мкГ,
A - площадь обкладки, кв. дюйм,
t - расстояние между обкладками, дюйм,
N - число обкладок,
a - средний радиус проволоочной рамки, дюйм,
d - диаметр проволоки, дюйм,
ε_r - относительная диэлектрическая проницаемость.

Резонансная частота эквивалентной параллельной цепи, при допущении, что общее число обкладок равно N, определяется как

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{L_{\text{total}} C}} = \frac{1}{\sqrt{\frac{L_{\text{wire}}}{N} C}} \quad (25)$$

$$f = \frac{\omega}{2\pi} \quad (26)$$

Для тороида с малым диаметром 7,00 см (2,755 дюйма) и большим внутренним диаметром (диаметр обкладок конденсатора) 10,28 см (4,046 дюйма) для N=24 рамок шестнадцати проволочного провода (d=0,16 см (0,063 дюйма)) с расстоянием между обкладками t= 0,358 см (0,141 дюйма) получена расчетная резонансная частота 156,5 МГц.

Для варианта осуществления, показанного на фиг. 38, индуктивность одновитковых тороидальных рамок приблизительно равна

$$L = \frac{\mu_0 b^2}{2a} \quad (27)$$

где $\mu_0 = 40 \pi$ нН/м - проницаемость свободного пространства, а и b большой и малый радиусы, соответственно.

Емкость плоского конденсатора, образованного в виде ступицы тора, определяется из уравнения

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{t} = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{\pi(a-b)^2}{t} \quad (28)$$

где $\epsilon_0 = 8,854$ пФ/м - проницаемость свободного пространства.

Подстановка уравнений (27) и (28) в уравнения (25) и (26) дает, МГц:

$$f = \frac{38.07}{\sqrt{\frac{b^2(a-b)^2 \epsilon_r}{at}}} \quad (29)$$

Уравнение (29) позволяет предсказать, что тороидальная конфигурация, иллюстрируемая выше, за исключением непрерывной проводящей поверхности, будет иметь одинаковую резонансную частоту 156,5 МГц, если расстояние между обкладками увеличивается до 1,01 см (0,397 дюйма).

Варианты осуществления, показанные на фиг. 36-38, могут быть настроены путем регулировки всего расстояния между пластинами или расстояния относительно узкой кольцевой прорези от пластины, как показано на фиг. 38, где это средство точной настройки азимутально симметрично для обеспечения симметрии в сигналах, которые проходят в радиальном направлении наружу от центра конструкции. На фиг. 39 и фиг. 41 иллюстрируются средства увеличения полосы рабочих частот этой конструкции антенны. Поскольку сигналы распространяются в радиальном направлении наружу, полосу рабочих частот увеличивают посредством обеспечения различных дифференциальных резонансных контуров в различных радиальных направлениях. Изменение геометрии делают азимутально симметричным, чтобы минимизировать геометрическое нарушение азимутального магнитного поля.

На фиг. 39 и фиг. 41 иллюстрируются конфигурации, которые были легко образованы из трубопроводной арматуры, выпускаемой на промышленной основе, тогда, как на фиг. 25 (или фиг. 24) иллюстрируется конфигурация с синусоидально изменяющимся радиусом, что уменьшит геометрические нарушения магнитного поля.

Спиральные антенны известного уровня техники нашли применение для дистанционного зондирования геотехнических

элементов и для их навигации. Для этого случая применения используют относительные частоты, вызывающие необходимость создания больших конструкций для обеспечения хорошей производительности. На фиг. 43 иллюстрируется линейная спиральная антенна. На фиг. 44 иллюстрируется аппроксимированная линейная спираль, где истинная спираль разделена на серию одновитковых рамок, разделенных линейными межсоединениями. Если магнитное поле однородно или квазиоднородно по длине такой конструкции, то рамочные элементы могут быть отделены от сложного линейного элемента для образования конструкции, показанной на фиг. 45. Эта конструкция может быть дополнительно сжата по размеру путем последующей замены линейного элемента тороидальной спиральной или тороидальной полоидальной конструкций антенны, описанными выше, как иллюстрируется на фиг. 46. Главным преимуществом этой конфигурации является то, что ее общая конструкция более компактна, чем соответствующая линейная спираль, что является предпочтительным для портативных устройств, например для воздушных, наземных или морских транспортных средств или для случаев применения, где требуется не привлекать к себе внимания. Дополнительное преимущество этой конфигурации и конфигурации, показанной на фиг. 45, заключается в том, что компоненты сигнала магнитного поля и электрического поля разъединены, обеспечивая возможность их последующей обработки и рекомбинации способом, который отличается от способа, характерного для линейной спирали, но который может обеспечить дополнительную информацию.

На фиг. 48 приведена схематическая иллюстрация электромагнитной антенны 48. Антенна 48 содержит поверхность 49, например тороид TF, показанный на фиг. 1; изолированный проводящий контур 50 и две сигнальные клеммы 52, 54, хотя настоящее изобретение может быть применимо к широкому множеству поверхностей, например многократно соединенной поверхности, как правило, сферической поверхности, показанной на фиг. 59, сферической поверхности, показанной на фиг. 66 или полусферической поверхности, показанной на фиг. 68.

Используемый в этой заявке термин "многократно соединенная поверхность" включает в себя (но без ограничения) (а) любую тороидальную поверхность, например тороид TF, показанный на фиг. 1, имеющий большой радиус, который больше или равен малому радиусу; (б) другие поверхности, образованные вращением круга или плоской замкнутой кривой или многоугольника, имеющие множество различных радиусов вокруг оси, лежащей на плоскости, причем большой радиус таких других поверхностей больше нуля, а малый радиус может быть меньше, равен или больше большого радиуса; и (в) иные поверхности, например поверхности, аналогичные поверхностям шайбы или гайки, например шестигранной гайки, полученной, как правило, из плоского материала, для ограничения (относительно

плоскости) внутренней окружности, большей нуля, и наружной окружности, большей внутренней окружности, причем наружная и внутренняя окружности образованы плоской замкнутой кривой и/или многоугольником.

Выбранный в качестве примера, изолированный проводящий контур 50 проходит в токопроводящей дорожке 56 вокруг и по поверхности 49 от узла 60 (+) до другого узла 62 (-). Изолированный проводящий контур 50 проходит также в другой токопроводящей дорожке 58 вокруг и по поверхности 49 от узла 62 (-) к узлу 60 (+), образуя в соответствии с этим одну бесконечную токопроводящую дорожку вокруг и по поверхности 49.

Как описано выше в связи с фиг. 1, токопроводящие дорожки 56, 58 могут быть спиральными токопроводящими дорожками, имеющими встречное направление и одинаковое число витков, причем направление шага спирали токопроводящей дорожки 56, показанной сплошной линией, является правым, а направление шага спирали токопроводящей дорожки 58, показанной пунктирной линией, является левой, которое противоположно направлению шагу правой спирали.

Токопроводящие дорожки 56, 58 не обязательно должны быть спиральными, а могут быть примерно спиральными, частично спиральными или полоидальнопериферийными.

Токопроводящие дорожки 56, 58 могут быть "полоидальнопериферийными обмотками" со встречной намоткой, намотки которых имеют встречное направление, как было описано выше в связи с фиг. 14, в соответствии с чем спираль, образуемая каждым из двух изолированных проводников W1, W2, разделена на серию межсоединенных полоидальных рамок 14.1.

Как следует из фиг. 48, токопроводящие дорожки 56, 58 изменяют свое направление на обратное в узлах 60, 62. Сигнальные клеммы 52, 54 соответственно электрически соединены с узлами 60, 62. Сигнальные клеммы 52, 54 подают или принимают от изолированного проводящего контура 50 выходной (передаваемый) или входной (принимаемый) радиочастотный электрический сигнал 64. Например, в случае передаваемого сигнала, одну бесконечную токопроводящую дорожку изолированного проводящего контура 50 питают последовательно от сигнальных клемм 52, 54.

Квалифицированному в этой области техники специалисту будет очевидно, что токопроводящие дорожки 56, 58 могут быть образованы одним изолированным проводником, например проводом или проводником печатной платы, который образует одну бесконечную токопроводящую дорожку, включающую в себя токопроводящую дорожку 56 от узла 60 к узлу 62 и токопроводящую дорожку 58 от узла 62 к узлу 60. Квалифицированному в этой области техники специалисту также будет очевидно, что токопроводящие дорожки 56, 58 могут быть образованы множеством изолированных проводников, например одним изолированным проводником, который образует токопроводящую дорожку от узла 60 к узлу 62, и другим изолированным проводником, который образует

токопроводящую дорожку 58 от узла 62 обратно к узлу 60.

Номинальная рабочая частота сигнала 64 настраивается в конструкции антенны 48 так, чтобы окружная электрическая длина (дорожки) была равна половине длины волны и чтобы распределение тока в конструкции было синусоидальным по величине, что является аппроксимацией. Токопроводящие дорожки 56, 58, проходящие во встречном направлении относительно друг друга, каждая из которых имеет длину, составляющую приблизительно половину ведомой волны номинальной рабочей частоты, могут быть представлены как элементы неравномерной линии передачи с симметричным питанием. Токопроводящие дорожки 56, 58 образуют замкнутый контур, который был скручен для образования "восьмерки" и затем сложен пополам для образования двух концентрических обмоток.

На фиг. 49 приведено схематическое изображение другой электромагнитной антенны 48'. Антенна 48' содержит многократно соединенную поверхность 49, показанную на фиг. 48, изолированный проводящий контур 50' и две сигнальные клеммы 52', 54'. Электромагнитная антенна 48', изолированный проводящий контур 50' и сигнальные клеммы 52', 54' в общем аналогичны электромагнитной антенне 48, изолированному проводящему контуру 50 и сигнальным клеммам 52, 54, показанным на фиг. 48.

Приведенный в качестве примера изолированный проводящий контур 50' проходит в токопроводящей дорожке 56' вокруг и по поверхности 49 от узла 60' (+) до промежуточного узла А и от промежуточного узла А до другого узла 62' (-). Изолированный проводящий контур 50' проходит также в другой токопроводящей дорожке 58' вокруг и по поверхности 49 от узла 62' (-) к другому промежуточному узлу В и от промежуточного узла В к узлу 60' (+), образуя в соответствии с этим одну бесконечную токопроводящую дорожку вокруг и по поверхности 49.

Как описано выше в связи с фиг. 14 и фиг. 48, токопроводящие дорожки 56', 58' могут быть спиральными токопроводящими дорожками, проходящими во встречном направлении относительно друг друга, имеющими одинаковое число витков, или могут быть образованы иначе, не имея строго спиральной конфигурации, или, например, в виде "полоидальнопериферийных конфигураций обмотки" с противоположными направлениями намотки.

Сигнальные клеммы 52', 54' подают или принимают из изолированного проводящего контура 50', соответственно, выходной (передаваемый) или входной (принимаемый) радиочастотный электрический сигнал 64. Токопроводящие дорожки 56', 58', каждая из которых имеет длину, приблизительно равную половине длины ведомой волны номинальной рабочей частоты сигнала 64, меняют свое направление на обратное в промежуточных узлах А, В. Сигнальные клеммы 52', 54' соответственно, электрически соединены с промежуточными узлами А, В. Предпочтительно, чтобы узлы 60', 62' были диаметрально противоположны промежуточным узлам А, В так, чтобы длина

токопроводящих дорожек 56', 58' от соответствующих узлов 60', 62' до соответствующих промежуточных узлов А, В была равна длине токопроводящих дорожек 56', 58' от соответствующих промежуточных узлов А, В до соответствующих узлов 62', 60'.

Квалифицированному в этой области техники специалисту будет очевидно, что токопроводящие дорожки 56', 58' могут быть образованы одним изолированным проводником, который образует одну бесконечную токопроводящую дорожку, включающую в себя токопроводящую дорожку 56' от узла 60' до промежуточного узла А, а затем к узлу 62', и токопроводящую дорожку 58' от узла 62' к промежуточному узлу В, а затем к узлу 60'.

Квалифицированному в этой области техники специалисту будет также очевидно, что каждая из токопроводящих дорожек 56', 58' может быть образована одним или более изолированными проводниками, например одним изолированным проводником от узла 60' до промежуточного узла А и от промежуточного узла А до узла 62'; или одним изолированным проводником от узла 60' до промежуточного узла А и другим изолированным проводником от промежуточного узла А к узлу 62'.

На фиг. 50 иллюстрируется схематическое изображение другой электромагнитной антенны 66. Антенна 66 содержит поверхность, например поверхность 49, показанную на фиг. 48, первый изолированный проводящий контур 68, второй изолированный проводящий контур 70 и две сигнальные клеммы 72, 74.

Изолированный проводящий контур 68 включает в себя две, как правило, спиральные токопроводящие дорожки 76, 78, а изолированный проводящий контур 70 аналогичным образом включает в себя две, как правило, спиральные токопроводящие дорожки 80, 82. Изолированный проводящий контур 68 проходит в токопроводящей дорожке 76 вокруг и частично по поверхности 49 от узла 84 до узла 86 и также проходит в токопроводящей дорожке 78 вокруг и частично по поверхности 49 от узла 86 к узлу 84 так, что токопроводящие дорожки 76, 78 образуют бесконечную токопроводящую дорожку вокруг и по существу по поверхности 49. Изолированный проводящий контур 70 проходит в токопроводящей дорожке 80 вокруг и частично по поверхности 49 от узла 88 до узла 90 и также проходит в токопроводящей дорожке 82 вокруг и частично по поверхности 49 от узла 90 к узлу 88 так, что токопроводящие дорожки 80, 82 образуют другую бесконечную токопроводящую дорожку вокруг и по существу по поверхности 49.

Как описано выше в связи с фиг. 14 и фиг. 48, токопроводящие дорожки 76, 78 и 80, 82 могут быть спиральными токопроводящими дорожками, проходящими относительно друг друга во встречном направлении и имеющими одинаковое число витков, или могут быть другими, например близкими к спиральными конфигурациями, частично спиральными конфигурациями или "полоидальнопериферийными конфигурациями обмоток" со встречной намоткой, намотки которых имеют противоположное направление. Например,

направление шага токопроводящей дорожки 76 может быть правым, показанным сплошной линией, направление шага токопроводящей дорожки 78 - левым, имеющим противоположное направление, показанным пунктирной линией, а направление шага токопроводящих дорожек 80 и 82 является левым и правым, соответственно. Токопроводящие дорожки 76, 78 меняют свое направление на обратное в узлах 88 и 90.

Сигнальные клеммы 72, 74 принимают или принимают от изолированных токопроводящих контуров 68, 70 выходной (передаваемый) или входной (принимаемый) радиочастотный электрический сигнал 92. Например, в случае передаваемого сигнала, две бесконечные токопроводящие дорожки изолированных проводящих контуров 68, 70 питают параллельно от сигнальных клемм 72, 74, хотя настоящее изобретение применимо для параллельного питания обоих узлов 84, 88 и узлов 90, 86. Каждая из токопроводящих дорожек 76, 78, 80, 82 имеет длину, равную одной четверти длины ведомой волны номинальной рабочей частоты сигнала 92. Как показано на фиг. 50, сигнальная клемма 72 электрически соединена с узлом 84, а сигнальная клемма 74 электрически соединена с узлом 88.

Квалифицированному в этой области техники специалисту будет очевидно, что каждый из изолированных проводящих контуров 68, 70 может быть образован посредством одного или более изолированных проводников. Например, изолированный проводящий контур 68 может иметь один проводник для обеих токопроводящих дорожек 76, 78; по одному проводнику для каждой из токопроводящих дорожек 76, 78; или многократно электрически соединенные проводники для каждой из токопроводящих дорожек 76, 78.

На фиг. 51 иллюстрируется характерная угломестная диаграмма направленности излучения для электромагнитных антенн 48, 48', 66, показанных на фиг. 48, 49, 50, соответственно. Эти антенны являются линейными (например, вертикально) поляризованными и имеют физически низкий профиль, связанный с малым диаметром поверхности 49, показанной на фиг. 48, 49, 50, вдоль направления поляризации. Кроме того, такие антенны являются, как правило, всенаправленными в направлениях, которые нормальны к направлению поляризации, с максимальным коэффициентом направленного действия излучения в направлениях, нормальных к направлению поляризации, и минимальным коэффициентом направленного действия излучения в направлении поляризации. Токопроводящие дорожки, проходящие относительно друг друга во встречном направлении, например, токопроводящие дорожки 56, 58, показанные на фиг. 48, обеспечивают ослабляющую интерференцию, которая аннулирует результирующие магнитные поля, и усиливающую интерференцию, которая усиливает результирующие магнитные поля.

Как следует из фиг. 52 и фиг. 53, электромагнитная антенна 94 включает в себя тороидальную антенну 96, например, антенны 10, 48, 48', 66, показанные на фиг. 1, 48, 49, 50, соответственно; и параболический

отражатель 98, например отражатель спутниковой параболической антенны, который направляет сигналы 100, 102 антенны относительно тороидальной поверхности 103 антенны 96 для приема или передачи сигналов 100, 102 антенны, хотя настоящее изобретение в более общем виде применимо к многократно соединенным поверхностям и различным типам отражателей. Параболический отражатель 98 имеет, как правило, параболическую форму с вершиной 104, раскрытием 106 и центральной осью 108 между вершиной и раскрытием 106.

Параболический отражатель 98 дополнительно имеет фокальную точку 110 на центральной оси 108.

Тороидальная поверхность 103 расположена, как правило, между вершиной 104 и раскрытием 106 параболического отражателя. Предпочтительно, чтобы большая ось тороидальной поверхности 103 была расположена вдоль центральной оси 108 параболического отражателя 98, причем центр тороидальной поверхности 103 расположен в фокальной точке 110 параболического отражателя 98.

Электромагнитная антенна 94 обеспечивает направленность тороидальной антенны 96. Параболический отражатель 98 направляет требуемые электромагнитные сигналы 100, 102 к частям 111 с высоким коэффициентом направленного действия диаграммы 112 направленности по напряженности поля антенны 96. Другие нежелательные сигналы 114, 116 частей 118, 119 с относительно низким коэффициентом направленного действия диаграммы 112 направленности по напряженности поля антенны 96 или каких-либо других частей, отражаются параболическим отражателем 98, например, в точке 120.

Как следует из фиг. 54 и фиг. 55, электромагнитная антенна 94' включает в себя тороидальную антенну 96, показанную на фиг. 52 и фиг. 53, и параболический отражатель 98', который направляет сигналы 100, 102 аналогичным образом, как описано выше в связи с фиг. 53. Параболический отражатель 98' имеет раскрытие 122 и, как правило, параболическую форму 124 (показанную на чертеже пунктирной линией, которая ограничивает вершину 104 приблизительно в центре раскрытия 122. Тороидальная поверхность 103 расположена, как правило, между раскрытиями 106, 122 параболического отражателя 98'. За исключением раскрытия 122, параболический отражатель 98', как правило, аналогичен параболическому отражателю 98, иллюстрируемому на фиг. 52 и фиг. 53.

Вариант параболического отражателя 98' в общем и его раскрытие 122, в частности, обладают преимуществами диаграммы 112 направленности по напряженности поля антенны 96. Часть 119 с низким коэффициентом направленного действия в нижней части (как показано на фиг. 55) антенны 96 не оказывает значительного влияния на передачу и прием сигналов 100, 102 антенны. В соответствии с этим отсутствие поверхности параболического отражателя 98' в его раскрытии 122 не оказывает существенного влияния на передачу или прием сигналов 100, 102 антенны. Нежелательный сигнал 126

(подаваемый из нижней части, как показано на фиг. 55) к раскрытию 122 сталкивается только с частью 119, имеющей низкий коэффициент направленного действия, антенны 96. Отсутствие поверхности параболического отражателя 98' в раскрытии 122 значительно увеличивает аэродинамические характеристики электромагнитной антенны 94' при наличии сильного ветра, например, в случае применения на автомобиле или корабле, уменьшая, благодаря этому, сопротивление ветру и, следовательно, требуемый вес и конструкционную прочность параболического отражателя 98', необходимую для обеспечения сопротивления такому ветру.

Как следует из фиг. 56, электромагнитная антенна 128 имеет поверхность, например, цилиндрическую поверхность 130, имеющую отверстие 132, верхнюю поверхность 134 и нижнюю поверхность 136, хотя настоящее изобретение применимо к другим многократно соединенным поверхностям, например тороидальной поверхности, имеющей, как правило, плоские верхнюю поверхность 134 и/или нижнюю поверхность 136. Антенна 128 содержит первый изолированный проводящий контур 138, который проходит в частично спиральной токопроводящей дорожке вокруг и, по меньшей мере, частично по поверхности 130, по меньшей мере, с первым направлением шага спирали (например, правым). Антенна 128 содержит также второй изолированный проводящий контур 140, который проходит в другой частично спиральной токопроводящей дорожке вокруг и, по меньшей мере, частично по поверхности 130, по меньшей мере, со вторым направлением шага спирали (например, левым) так, что изолированные проводящие контуры 138, 140 проходят во встречном направлении относительно друг друга вокруг и, по меньшей мере, частично по поверхности 130.

Большая ось 142 электромагнитной антенны 128, как правило, перпендикулярна верхней поверхности 134 и нижней поверхности 136. Изолированные проводящие контуры 138, 140, как правило, радиальны относительно большой оси 142, как показано, радиальными частями 144, 146, соответственно, на верхней поверхности 134. Изолированные проводящие контуры 138, 140, как правило, также радиальны относительно большой оси 142, как показано, радиальными частями 148, 150 (показанными на чертеже пунктиром), соответственно, на нижней поверхности 136. В других своих частях изолированные проводящие контуры 138, 140, как правило, спирально ориентированы, как показано, как правило, спиральными частями 152, 154, соответственно, на наружной поверхности 156, как правило, цилиндрической поверхности 130, а также, как правило, спиральными частями 156, 158, соответственно, в отверстии 132, как правило, цилиндрической поверхности 130. Квалифицированному в этой области техники специалисту будет очевидно, что выбранная в качестве примера цилиндрическая поверхность 130 и изолированные проводящие контуры 138, 140 с радиальными частями 144, 146, 148, 150 и, как правило, со спиральными частями 152, 154, 156, 158

могут быть использованы с антеннами 10, 48, 48', 66, иллюстрируемыми на фиг. 1, 48, 49, 50, соответственно.

На фиг. 57 иллюстрируется типичная угломестная диаграмма направленности излучения для антенн 10, 48, 48', 66, показанных на фиг. 1, 48, 49, 50, соответственно, имеющих тороидальную поверхность со спиральными токопроводящими дорожками. Как также следует из фиг. 58, пример электромагнитной антенны 128, иллюстрируемой на фиг. 56, излучает или принимает больше энергии, излучаемой в радиальном направлении, и по этой причине меньше энергии излучается или принимается в вертикальном направлении. Соответственно, в этом варианте осуществления диаграмма излучения на верхней и нижней частях антенны 128 дополнительно уменьшается по сравнению с антеннами, имеющими спиральные токопроводящие дорожки, а диаграмма излучения в радиальном направлении увеличивается. Кроме того, в приведенных в качестве примера изолированных проводящих контурах 138, 140, в которых использованы некоторые линейные проводящие части 144, 146, 148, 150, уменьшается относительный размер большого радиуса антенны 128.

Как следует из фиг. 59, электромагнитная антенна 160 имеет, как правило, сферическую тороидальную поверхность 162, как правило, круглого поперечного сечения 164 (как показано различными линиями широты) и канал 166 (показанный на чертеже пунктирными линиями) вдоль большой оси 168 поверхности 162. Антенна 160 содержит первый изолированный проводящий контур 170, который проходит в первой частично спиральной токопроводящей дорожке 172 вокруг и, по меньшей мере, частично по, как правило, сферической поверхности 162 с по меньшей мере первым направлением шага спирали (например, правым). Антенна 160 содержит также второй изолированный проводящий контур 174, который проходит во второй частично спиральной токопроводящей дорожке 176 вокруг и, по меньшей мере, частично поверх, как правило, сферической поверхности 162, по меньшей мере, со вторым направлением шага спирали (например, левым) так, что первый и второй изолированный проводящие контура 170, 174 проходят относительно друг друга во встречном направлении и, по меньшей мере, частично по, как правило, сферической поверхности 162. Частично спиральные токопроводящие дорожки 172, 176 проходят через канал 166 и, как правило, параллельно большой оси 168 в канале 166, как показано, как правило, линейными частями 178, 180 соответствующих токопроводящих дорожек 172, 176. Остальными частями токопроводящих дорожек 172, 176 являются соответствующие, как правило, спиральные части 182, 184. Квалифицированному в этой области техники специалисту будет очевидно, что выбранная в качестве примера сферическая поверхность 162 и изолированные проводящие контуры 172, 174 с, как правило, линейными частями 178, 180 и, как правило, со спиральными частями 182, 184 могут быть использованы с антеннами 10, 48, 48', 66, иллюстрируемыми на фиг. 1, 48,

49, 50, соответственно.

На фиг. 60 иллюстрируется типичная угломестная диаграмма направленности излучения для антенн 10, 48, 48', 66, показанных на фиг. 1, 48, 49, 50, соответственно, имеющих тороидальную поверхность со спиральными токопроводящими дорожками. Как также следует из фиг. 61, вариант электромагнитной антенны 160, иллюстрируемой на фиг. 59, излучает или принимает больше энергии, излучаемой в вертикальном направлении. По этой причине в этом варианте осуществления диаграмма излучения на верхней и нижней частях антенны 160 увеличена по сравнению с антеннами, имеющими спиральные токопроводящие дорожки. Таким образом, в этом варианте осуществления получают более симметричную диаграмму излучения, причем диаграмма излучения увеличивается в радиальном направлении. Кроме того, в приведенных в качестве примера изолированных проводящих контурах 138, 140, в которых использованы некоторые линейные проводящие части 144, 146, 148, 150, уменьшается относительный размер большого радиуса антенны 128.

На фиг. 62 иллюстрируется вертикальный разрез изометрического изображения тороида 186, в котором малый радиус больше большого радиуса, хотя настоящее изобретение применимо к любой многократно соединенной поверхности, имеющей большой радиус, который больше нуля, и малый радиус, который больше большого радиуса. На фиг. 63 и фиг. 64 иллюстрируются также вид сверху и изометрическое изображение, соответственно, токопроводящей дорожки изолированного проводящего контура 188, имеющего четыре витка 190, 192, 194, 196, хотя настоящее изобретение применимо к изолированным проводящим контурам, имеющим любое число витков. При использовании с выбранным в качестве примера тороидом 186, изолированный проводящий контур 188 проходит в, как правило, спиральной токопроводящей дорожке вокруг и, по меньшей мере, частично по поверхности 197 выбранного в качестве примера тороида 186 так, как было описано выше, по меньшей мере, с первым направлением шага спирали (например, правым). На фиг. 65 иллюстрируется также другой изолированный проводящий контур 198, имеющий четыре витка 200, 202, 204, 206, который также может быть использован с приведенным в качестве примера тороидом 186. Второй изолированный проводящий контур 198 проходит в, как правило, спиральной токопроводящей дорожке вокруг и, по меньшей мере, частично по поверхности 197 тороида 186 с, по меньшей мере, вторым направлением шага спирали (например, левым) так, что изолированные проводящие контуры 188, 198 проходят относительно друг друга во встречном направлении и, по меньшей мере, частично по поверхности 197 тороида 186.

Поверхность 197 тороида 186 может быть выполнена, например, в виде поверхности сетчатого экрана, имеющей множество отверстий 208 для трассировки через них изолированных проводящих контуров 188, 198. В этом случае, центральная часть 210 тороида 186 доступна для трассировки частей

211 (как лучше всего показано на фиг. 63) контуров 188, 198, хотя возможны другие выполнения, например тороид 186, полученный посредством сборки множества секций, которые образуют центральную часть 210 и которые образуют каналы трассировки для контуров 188, 198; или путем сверления пригодных для этой цели отверстий в цельном тороиде.

Квалифицированному в этой области техники специалисту будет очевидно, что выбранные в качестве примера тороид 186 и изолированные проводящие контуры 188, 198 могут быть использованы с антеннами 10, 48, 48', 66, иллюстрируемыми на фиг. 1, 48, 49, 50, соответственно. Контуры 188, 198 проходят через две общие точки 212, 214 в тороиде 186 в соответствующих частях 216, 218 (показанных на фиг. 65) контуров 188, 198.

Как схематически показано на фиг. 72, антенна 219, которая аналогична антенне 10, иллюстрируемой на фиг. 1, имеет узлы a1, b1, c1, d1, которые сходятся в клемме 222, где линии между узлами a1, b2, c1, d2 и a2, b1, c2, d1 показаны для удобства пояснения. В этом случае, антенна 219 имеет один вход в клеммах 220, 222 или в альтернативном варианте может иметь независимое питание в каждом из сегментов 12. В свою очередь, клеммы 220 и 222 электрически соединены с соответствующими узлами a1, b2, c1, d2 и a2, b1, c2, d1, которые сходятся в по существу общих точках 212, 214 вдоль главной оси 224 тороида 186. Точки 212, 214 связаны с соответствующими частями 216, 218 (показанными на фиг. 65) контуров 188, 198.

Трехмерная тороидальная поверхность, например тороид TF, иллюстрируемый на фиг. 1, может быть представлена с помощью следующих уравнений

$$x = a \cos(\theta) + b \cos(\varphi) \cos(\theta) \quad (30)$$

$$y = a \sin(\theta) + b \cos(\varphi) \sin(\theta) \quad (31)$$

$$z = b \sin(\varphi) \quad (32)$$

где a - большой радиус;

b - малый радиус;

$\varphi = (0-2\pi)$ - полюидальный угол;

$\theta = (0-2\pi)$ - полярный угол.

Спираль, существующая на тороиде TF, иллюстрируемом на фиг. 1, определяется подстановкой

$$\varphi = N\theta \quad (33)$$

где N - число витков спирали;

N > 0 - правая спираль;

N < 0 - левая спираль.

Тогда спираль определяется уравнениями

$$x = a \cos(\theta) + b \cos(N\theta) \cos(\theta) \quad (34)$$

$$y = a \sin(\theta) + b \cos(N\theta) \sin(\theta) \quad (35)$$

$$z = b \sin(n\theta) \quad (36)$$

Уравнения 34-36 адекватно описывают правую и левую спирали при соответствующем положительном или отрицательном N.

На фиг. 66 и фиг. 67 иллюстрируются сферические проводники 226, 228, проходящие относительно друг друга во встречном направлении, для сферической антенны 230, имеющей сферическую поверхность 232. Хотя сферическая поверхность является предпочтительной, настоящее изобретение применимо к примерно сферическим поверхностям. Проводник 226 проходит в первой токопроводящей дорожке вокруг и, по

меньшей мере, частично по сферической поверхности 232, по меньшей мере, с первым направлением намотки (например, правым). Проводник 228 проходит во второй токопроводящей дорожке вокруг и, по меньшей мере, частично по сферической поверхности 232, по меньшей мере, со вторым направлением намотки (например, левым) так, что проводники 226, 228 проходят относительно друг друга во встречном направлении и, по меньшей мере, частично по сферической поверхности 232.

Для сферического варианта осуществления, уравнения, описывающие встречные намотки, получают подстановкой большого радиуса "a", равного нулю, как показано в следующих уравнениях

$$x = b \cos(N\theta) \cos(\theta) \quad (37)$$

$$y = b \cos(N\theta) \sin(\theta) \quad (38)$$

$$z = b \sin(N\theta) \quad (39)$$

Сфера обеспечивает преимущество в получении более сферичной конфигурации излучения, хотя настоящее изобретение применимо к вариантам осуществления, имеющим приблизительно сферическую форму, где большой радиус больше нуля. Это приближает конфигурацию излучения идеального изотропного излучателя или точечного источника, который излучает энергию одинаково во всех направлениях. Благодаря применению обмоток 226, 228 со встречной намоткой, электрические поля аннулируются и оставляют магнитный контур нулевого радиуса. Квалифицированному в этой области техники специалисту будет очевидно, что выбранные в качестве примера сферическая поверхность 232 и обмотки 226, 228 со встречной намоткой могут быть использованы с антеннами 10, 48, 48', 66, иллюстрируемыми, соответственно, на фиг. 1, 48, 49, 50, где, например, полярные узлы 233A, 233B, показанные на фиг. 67, облегчают изменения между направлениями намотки (например, правым и левым), где токопроводящие дорожки обмоток 226, 228 со встречной намоткой, как правило, неоднократно пересекаются между собой.

На фиг. 68 иллюстрируются полусферические проводники 234, 236, проходящие относительно друг друга во встречном направлении, для полусферической антенны 238, имеющей полусферическую поверхность 240 на плоскости 242. Для полусферического варианта осуществления, уравнения, описывающие обмотки со встречной намоткой, выведены с помощью уравнений 37-39, приведенных выше, где z больше или равно нулю. Проводник 234 проходит в первой токопроводящей дорожке вокруг и, по меньшей мере, частично по полусферической поверхности 240, по меньшей мере, с первым направлением намотки (например, правым), а проводник 236 проходит во второй токопроводящей дорожке вокруг и, по меньшей мере, частично по полусферической поверхности 240, по меньшей мере, со вторым направлением намотки (например, левым) так, что проводники 234, 236 проходят относительно друг друга во встречном направлении вокруг и, по меньшей мере, частично по полусферической поверхности 240.

Для ясности описания проводников со встречной намоткой и соединений к ним,

плоскость 242 имеет левую часть 244 и правую часть 246. Приблизительно в центре плоскости 242 имеется две клеммы А, В, причем клемма А показана смещенной для удобства пояснения. Множество фидерных линий 248 соединено с клеммой А и множество фидерных линий 250 соединено с клеммой В. Фидерные линии 248, 250 предпочтительно экранированы и имеют одинаковое электрическое сопротивление.

Плоскость 242 предпочтительно является экраном, который электрически отражает каждую обмотку и создает ее зеркальное изображение. В этом случае, если полусферическая антенна 238 установлена на нижней части самолета или на верхней части автомобиля, то в зависимости от расстояния диаграмма излучения приближается к диаграмме излучения сферической антенны.

На правой части 246 плоскости 242 фидерные линии 248, 250, соответственно, соединены с проводниками 236, 234. На левой части 244 плоскости 242 фидерные линии 248, 250 соответственно соединены с проводниками 234, 236. Приведенная в качестве примера полусферическая антенна 238 пригодна для стимулирования и детектирования блуждающих токов, например токов, нашедших применение в геофизических исследованиях, и, как правило, излучает или принимает энергию одинаковую во всех направлениях выше плоскости 242, иллюстрируемой на фиг. 68.

На фиг. 69 и фиг. 70 иллюстрируются альтернативные сферические проводники 226', 228', проходящие относительно друг друга во встречном направлении, предназначенные для сферической поверхности 232, показанной на фиг. 67. В этом сферическом варианте осуществления, сферические проводники 226', 228' многократно не пересекаются в полюсах, как было описано в связи с фиг. 67. Антенну 230' получают, например, путем вращения сферической поверхности 232, когда нанесены проводники 226', 228'.

Для применения вектора положения (x, y, z), определяемого уравнениями 37-39, вводят матрицу преобразований. Применяя одинаковый оператор преобразования для обоих проводников 226', 228', проходящих относительно друг друга во встречном направлении, преобразование предохраняет симметрию прохождения во встречном направлении, первоначально полученную в тороидальном варианте осуществления, представленном формулами 34-36.

Уравнение 40 иллюстрирует общий вид преобразованных формул. В общем виде матрица преобразований является функцией φ и θ .

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \tau_{11}(\theta, \varphi) & \tau_{12}(\theta, \varphi) & \tau_{13}(\theta, \varphi) \\ \tau_{21}(\theta, \varphi) & \tau_{22}(\theta, \varphi) & \tau_{23}(\theta, \varphi) \\ \tau_{31}(\theta, \varphi) & \tau_{32}(\theta, \varphi) & \tau_{33}(\theta, \varphi) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix} \quad (40)$$

где (X,Y,Z) - преобразованные координаты;
(x, y, z) - непреобразованные координаты;
 τ_{ij} - общая функция φ и θ .

Матрица преобразований уравнения 40 определяется как любая матрица, которая предохраняет симметрию обмоток со встречной намоткой. Например, геометрия

проводников 226', 228', проходящих относительно друг друга во встречном направлении, может быть искажена в результате растяжения или вращения, хотя настоящее изобретение может быть применимо к любым обмоткам, обеспечивающим ослабляющую интерференцию для аннулирования результирующих электрических полей и усиливающую интерференцию для усиления результирующих магнитных полей. Для пояснения такого преобразования ниже приведен соответствующий пример.

Пример

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\left(\frac{\theta}{2}\right) & 0 & \sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin\left(\frac{\theta}{2}\right) & 0 & \cos\left(\frac{\theta}{2}\right) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix} \quad (41)$$

В этом примере сферическая поверхность 232 поворачивается в плоскости XZ как функция θ , хотя настоящее изобретение применимо к широкому диапазону преобразований, связанных с тороидальными поверхностями, многократно соединенными поверхностями, приблизительно сферическими поверхностями и сферическими поверхностями.

На фиг. 71 иллюстрируется антенна 254, имеющая один или два питаемых входа. Изолированный проводящий контур 256 проходит в токопроводящей дорожке 258 вокруг и частично по поверхности 232 от узла 260 (+) к узлу 262 (-). После изменения направления намотки в узле 262 (-), изолированный проводящий контур 256 проходит в токопроводящей дорожке 274 вокруг и частично по поверхности 232 от узла 262 (-) к узлу 260 (+) так, что токопроводящие дорожки 258, 274 образуют бесконечную токопроводящую дорожку вокруг и по поверхности 232. Изолированный проводящий контур 266 (показанный на чертеже пунктирной линией) проходит в токопроводящей дорожке 268 вокруг и частично по поверхности 232 от узла 270 (-) к узлу 272 (+). После изменения направления намотки в узле 272 (+), изолированный проводящий контур 266 проходит в токопроводящей дорожке 264 вокруг и частично по поверхности 232 от узла 272 (+) к узлу 270 (-) так, что токопроводящие дорожки 268, 264 образуют другую бесконечную токопроводящую дорожку вокруг и поверх поверхности 232.

Приведенная в качестве примера антенна 254 обеспечивает передачу и прием сигналов антенны. Например, в случае передаваемого сигнала, две бесконечные токопроводящие дорожки изолированных проводящих контуров 256, 266 питают последовательно от узлов 272, 262, хотя настоящее изобретение применимо для параллельного питания узлов 272, 262 и узлов 260, 270.

Помимо модификаций и изменений, описанных или предложенных выше, квалифицированный в этой области техники специалист может оказаться способным сделать другие модификации и изменения без отклонения от объема и сущности настоящего изобретения.

Формула изобретения:

1. Электромагнитная антенна для использования с антенным сигналом, содержащая многосвязную поверхность, первое изолированное проводящее средство, образующее первую, в общем, спиральную токопроводящую дорожку вокруг и, по меньшей мере, частично над указанной многосвязной поверхностью с, по меньшей мере, с первым значением шага спирали, и первый и второй сигнальные выводы, отличающаяся тем, что она включает в себя второе изолированное проводящее средство, образующее вторую, в общем, спиральную токопроводящую дорожку вокруг и, по меньшей мере, частично над указанной многосвязной поверхностью, по меньшей мере, со вторым значением шага спирали, противоположно направленным первому значению шага спирали, с обеспечением прохождения указанных первого и второго изолированных проводящих средств во встречном направлении относительно друг друга вокруг и, по меньшей мере, частично над указанной многосвязной поверхностью, и отражательное средство для направления указанного сигнала антенны относительно указанной многосвязной поверхности для приема или передачи сигнала антенны, а первый и второй сигнальные выводы, соответственно, электрически соединены с указанными первым и вторым изолированными проводящими средствами.

2. Электромагнитная антенна по п.1, отличающаяся тем, что указанное отражательное средство содержит параболический отражатель.

3. Электромагнитная антенна по п.2, отличающаяся тем, что параболический отражатель имеет, в общем, параболическую форму с вершиной и отверстием, а указанная многосвязная поверхность расположена, в принципе, между вершиной и отверстием параболического отражателя.

4. Электромагнитная антенна по п.3, отличающаяся тем, что параболический отражатель имеет ось, расположенную между вершиной и отверстием, а указанная многосвязная поверхность имеет главную ось, расположенную, в общем, вдоль оси параболического отражателя.

5. Электромагнитная антенна по п.4, отличающаяся тем, что параболический отражатель на своей оси имеет фокальную точку, а указанная многосвязная поверхность представляет собой тороидальную поверхность, имеющую главную ось и центр, расположенный, в общем, в фокальной точке параболического отражателя.

6. Электромагнитная антенна по п.2, отличающаяся тем, что параболический отражатель имеет первое отверстие, в общем параболическую форму, определяющую вершину примерно в первом отверстии, и второе отверстие, которое больше первого отверстия, а указанная многосвязная поверхность расположена, в общем, между первым и вторым отверстиями параболического отражателя.

7. Электромагнитная антенна по п.6, отличающаяся тем, что параболический отражатель дополнительно имеет центральную ось, расположенную между первым и вторым отверстиями, а указанная многосвязная поверхность имеет главную ось, расположенную, в общем, вдоль центральной

оси параболического отражателя.

8. Электромагнитная антенна по п.7, отличающаяся тем, что параболический отражатель на своей центральной оси имеет фокальную точку, а указанная многосвязная поверхность представляет собой тороидальную поверхность, имеющую главную ось и центр, расположенный, как правило, в фокальной точке параболического отражателя.

9. Электромагнитная антенна по п. 2, отличающаяся тем, что указанная многосвязная поверхность представляет собой тороидальную поверхность, а указанный параболический отражатель имеет, в общем, параболическую форму с вершиной и отверстием, при этом тороидальная поверхность расположена, в общем, между вершиной и отверстием параболического отражателя.

10. Электромагнитная антенна по п.2, отличающаяся тем, что указанная многосвязная поверхность представляет собой тороидальную поверхность, а параболический отражатель имеет первое отверстие, в общем параболическую форму, определяющую вершину примерно у первого отверстия, и второе отверстие, которое больше первого отверстия, при этом указанная тороидальная поверхность расположена, в общем, между первым и вторым отверстиями параболического отражателя.

11. Электромагнитная антенна по п.1, отличающаяся тем, что указанное первое изолированное проводящее средство образует первую, в общем, спиральную токопроводящую дорожку вокруг и над указанной многосвязной поверхностью с первым значением шага спирали от первого узла к второму узлу, а указанное второе изолированное проводящее средство образует вторую, в общем, спиральную токопроводящую дорожку вокруг и над указанной многосвязной поверхностью со вторым значением шага спирали от второго узла к первому узлу с обеспечением прохождения первой и второй, в общем, спиральных токопроводящих дорожек относительно друг друга во встречном направлении и с образованием единой бесконечной токопроводящей дорожки вокруг и над указанной многосвязной поверхностью, при этом указанные первый и второй сигнальные выводы, соответственно, электрически соединены с первым и вторым узлами.

12. Электромагнитная антенна по п.1, отличающаяся тем, что указанное первое изолированное проводящее средство образует первую, в общем, спиральную токопроводящую дорожку вокруг и над указанной многосвязной поверхностью с первым значением шага спирали от первого узла ко второму узлу и от второго узла к третьему узлу, а указанное второе изолированное проводящее средство образует вторую, в общем, спиральную токопроводящую дорожку вокруг и над указанной многосвязной поверхностью со вторым значением шага спирали от третьего узла к четвертому узлу и от четвертого узла к первому узлу с обеспечением прохождения первой и второй, в общем, спиральных токопроводящих дорожек относительно друг

друга во встречном направлении и с образованием единой бесконечной токопроводящей дорожки вокруг и над указанной многосвязной поверхностью, при этом указанные первый и второй сигнальные выводы, соответственно, электрически соединены со вторым и четвертым узлами.

13. Электромагнитная антенна по п.1, отличающаяся тем, что указанное первое изолированное проводящее средство образует первую, в общем, спиральную токопроводящую дорожку вокруг и частично над указанной многосвязной поверхностью с первым значением шага спирали от первого узла ко второму узлу и также образует третью, в общем, спиральную токопроводящую дорожку вокруг и частично над указанной многосвязной поверхностью со вторым значением шага спирали от второго узла к первому узлу с образованием первой и третьей, в общем, спиральными токопроводящими дорожками первой бесконечной токопроводящей дорожки вокруг и над указанной многосвязной поверхностью, а указанное второе изолированное проводящее средство образует вторую, в общем, спиральную токопроводящую дорожку вокруг и частично над указанной многосвязной поверхностью со вторым значением шага спирали от третьего узла к четвертому узлу и также образует четвертую, в общем, спиральную токопроводящую дорожку вокруг и частично над указанной многосвязной поверхностью с первым значением шага спирали от четвертого узла к третьему узлу с образованием третьей и четвертой, как правило, спиральными токопроводящими дорожками второй бесконечной токопроводящей дорожки вокруг и над указанной многосвязной поверхностью, причем первая и третья, в общем, спиральные токопроводящие дорожки проходят относительно второй и четвертой, как правило, спиральных токопроводящих дорожек, соответственно, во встречном направлении, при этом указанный первый сигнальный вывод электрически соединен с первым узлом, а указанный второй сигнальный вывод электрически соединен со вторым узлом.

14. Электромагнитная антенна для использования с антенным сигналом, содержащая многосвязную поверхность, имеющую главную ось, первое изолированное проводящее средство, образующее первую частично спиральную токопроводящую дорожку вокруг и, по меньшей мере, частично над указанной многосвязной поверхностью, по меньшей мере, с первым значением шага спирали, и первый и второй сигнальные выводы, отличающаяся тем, что она включает в себя второе изолированное проводящее средство, образующее вторую частично спиральную токопроводящую дорожку вокруг и, по меньшей мере, частично над указанной многосвязной поверхностью, по меньшей мере, со вторым значением шага спирали, противоположно направленным первому значению шага спирали с обеспечением прохождения указанных первого и второго изолированных проводящих средств во встречном направлении относительно друг друга вокруг и, по меньшей мере, частично над указанной многосвязной поверхностью, имеющей, по меньшей мере, одну, в общем,

плоскую поверхность, в общем, перпендикулярную главной оси, причем первая и вторая частично спиральные токопроводящие дорожки при перпендикулярном расположении относительно главной оси указанной многосвязной поверхности, в общем, проходят в радиальном направлении относительно указанной главной оси, или же в противном случае являются, как правило, ориентированными спирально, а первый и второй сигнальные выводы, соответственно, электрически соединены с указанными первым и вторым изолированными проводящими средствами.

15. Электромагнитная антенна по п.14, отличающаяся тем, что указанная многосвязная поверхность представляет собой, как правило, цилиндрическую поверхность.

16. Электромагнитная антенна по п.14, отличающаяся тем, что указанная многосвязная поверхность представляет собой, как правило, тороидальную поверхность.

17. Электромагнитная антенна по п.14, отличающаяся тем, что указанное первое изолированное проводящее средство образует первую частично спиральную токопроводящую дорожку вокруг и над указанной многосвязной поверхностью с первым значением шага спирали от первого узла ко второму узлу, а указанное второе изолированное проводящее средство образует вторую частично спиральную токопроводящую дорожку вокруг и над указанной многосвязной поверхностью со вторым значением шага спирали от второго узла к первому узлу с обеспечением прохождения первой и второй частично спиральных токопроводящих дорожек относительно друг друга во встречном направлении и с образованием единой бесконечной токопроводящей дорожки вокруг и над указанной многосвязной поверхностью, при этом указанные первый и второй сигнальные выводы, соответственно, электрически соединены с первым и вторым узлами.

18. Электромагнитная антенна по п.14, отличающаяся тем, что указанное первое изолированное проводящее средство образует первую частично спиральную токопроводящую дорожку вокруг и над указанной многосвязной поверхностью с первым значением шага спирали от первого узла ко второму узлу и от второго узла к третьему узлу, а указанное второе изолированное проводящее средство образует вторую частично спиральную токопроводящую дорожку вокруг и над указанной многосвязной поверхностью со вторым значением шага спирали от третьего узла к четвертому узлу и от четвертого узла к первому узлу с обеспечением прохождения первой и второй частично спиральных токопроводящих дорожек относительно друг друга во встречном направлении и с образованием единой бесконечной токопроводящей дорожки вокруг и над указанной многосвязной поверхностью, при этом указанные первый и второй сигнальные выводы, соответственно, электрически соединены с вторым и четвертым узлами.

19. Электромагнитная антенна по п.14,

отличающаяся тем, что указанное первое изолированное проводящее средство образует первую частично спиральную токопроводящую дорожку вокруг и частично над указанной многосвязной поверхностью с первым значением шага спирали от первого узла ко второму узлу и также образует третью частично спиральную токопроводящую дорожку вокруг и частично над указанной многосвязной поверхностью со вторым значением шага спирали от второго узла к первому узлу с образованием первой и третьей частично спиральными токопроводящими дорожками первой бесконечной токопроводящей дорожки вокруг и над указанной многосвязной поверхностью, а указанное второе изолированное проводящее средство образует вторую частично спиральную токопроводящую дорожку вокруг и частично над указанной многосвязной поверхностью со вторым значением шага спирали от третьего узла к четвертому узлу и также образует четвертую частично спиральную токопроводящую дорожку вокруг и частично над указанной многосвязной поверхностью с первым значением шага спирали от четвертого узла к третьему узлу с образованием третьей и четвертой частично спиральными токопроводящими дорожками второй бесконечной токопроводящей дорожки вокруг и над указанной многосвязной поверхностью, причем первая и третья частично спиральные токопроводящие дорожки проходят относительно второй и четвертой частично спиральных токопроводящих дорожек, соответственно, во встречном направлении, при этом указанный первый сигнальный вывод электрически соединен с первым узлом, а указанный второй сигнальный вывод электрически соединен со вторым узлом.

20. Электромагнитная антенна, для использования с антенным сигналом, содержащая поверхность сферическую или, в общем, сферическую или многосвязную с главным радиусом, большим нуля, и второстепенным радиусом, большим главного радиуса, первое изолированное проводящее средство, образующее первую токопроводящую дорожку вокруг и, по меньшей мере, частично над указанной поверхностью с, по меньшей мере, первым значением намотки и первый и второй сигнальные выводы, отличающаяся тем, что она включает в себя второе изолированное проводящее средство, образующее вторую токопроводящую дорожку вокруг и, по меньшей мере, частично над указанной поверхностью, по меньшей мере, со вторым значением намотки, противоположно направленным первому значению намотки с обеспечением прохождения первого и второго изолированных проводящих средств во встречном направлении относительно друг друга вокруг и, по меньшей мере, частично над указанной поверхностью, при этом первый и второй сигнальные выводы, соответственно, электрически соединены с указанными первым и вторым изолированными проводящими средствами.

21. Электромагнитная антенна по п.20, отличающаяся тем, что указанная поверхность является многосвязной поверхностью, указанное первое изолированное проводящее средство

образует первую токопроводящую дорожку вокруг и над указанной поверхностью с первым значением намотки от первого узла ко второму узлу, а указанное второе изолированное проводящее средство образует вторую токопроводящую дорожку вокруг и над указанной поверхностью со вторым значением намотки от второго узла к первому узлу с образованием первой и второй токопроводящими дорожками единой бесконечной токопроводящей дорожки вокруг и над указанной поверхностью, при этом указанные первый и второй сигнальные выводы, соответственно, электрически соединены с первым и вторым узлами.

22. Электромагнитная антенна по п.20, отличающаяся тем, что указанная поверхность является многосвязной поверхностью, указанное первое изолированное проводящее средство образует первую токопроводящую дорожку вокруг и над указанной поверхностью с первым значением намотки от первого узла ко второму узлу и от второго узла к третьему узлу, а указанное второе изолированное проводящее средство образует вторую токопроводящую дорожку вокруг и над указанной поверхностью со вторым значением намотки от третьего узла к четвертому узлу и от четвертого узла к первому узлу с образованием первой и второй токопроводящими дорожками единой бесконечной токопроводящей дорожки вокруг и над указанной поверхностью, при этом указанные первый и второй сигнальные выводы, соответственно, электрически соединены со вторым и четвертым узлами.

23. Электромагнитная антенна по п.20, отличающаяся тем, что указанная поверхность является многосвязной поверхностью, указанное первое изолированное проводящее средство образует первую токопроводящую дорожку вокруг и частично над указанной поверхностью с первым значением намотки от первого узла ко второму узлу и также образует третью токопроводящую дорожку вокруг и частично над указанной поверхностью со вторым значением намотки от второго узла к первому узлу с образованием первой и третьей токопроводящими дорожками первой бесконечной токопроводящей дорожки вокруг и над указанной поверхностью, а указанное второе изолированное проводящее средство образует вторую токопроводящую дорожку вокруг и частично над указанной поверхностью со вторым значением намотки от третьего узла к четвертому узлу и также образует четвертую токопроводящую дорожку вокруг и частично над указанной поверхностью с первым значением намотки от четвертого узла к третьему узлу с образованием третьей и четвертой токопроводящими дорожками второй бесконечной токопроводящей дорожки вокруг и над указанной поверхностью, причем первая и третья токопроводящие дорожки проходят относительно второй и четвертой токопроводящих дорожек, соответственно, во встречном направлении, при этом указанный первый сигнальный вывод электрически соединен с первым узлом, а указанный второй сигнальный вывод электрически соединен со вторым узлом.

24. Электромагнитная антенна по п.20, отличающаяся тем, что указанная поверхность является многосвязной поверхностью, указанное первое изолированное проводящее средство образует первую токопроводящую дорожку вокруг и над указанной многосвязной поверхностью и образует первую бесконечную токопроводящую дорожку вокруг и над указанной многосвязной поверхностью, причем первая токопроводящая дорожка имеет первое значение намотки и второе значение намотки, противоположно направленное первому значению намотки, а указанное второе изолированное проводящее средство образует вторую токопроводящую дорожку вокруг и над указанной многосвязной поверхностью и образует вторую бесконечную токопроводящую дорожку вокруг и над указанной многосвязной поверхностью, причем вторая токопроводящая дорожка имеет первое и второе значение намотки, причем указанные первое и второе изолированные проводящие средства проходят относительно друг друга во встречном направлении в каждом из множества смежных поверхностных сегментов, вытянутых вокруг указанной поверхности, причем каждый из сегментов определяется первым узлом, в котором одно и указанных первое или второе изолированное проводящее средство изменяет значение намотки с первого на второе, и вторым узлом, в котором другое из указанных первого или второго изолированных проводящих средств изменяет значение со второго на первое, при этом указанный первый сигнальный вывод электрически соединен с первым узлом в первой по существу общей точке, а указанный второй сигнальный вывод электрически соединен со вторым узлом во второй по существу общей точке.

25. Электромагнитная антенна по п.24, отличающаяся тем, что указанная многосвязная поверхность представляет собой поверхность тороида, имеющую главную ось, а первая и вторая по существу общие точки расположены, в общем, вдоль главной оси тороида.

26. Электромагнитная антенна по п.20, отличающаяся тем, что указанная поверхность представляет собой сферическую поверхность, где указанные первая и вторая токопроводящие дорожки определяются как:

$$x = b \cos(N\theta)\cos(\theta),$$

$$y = b \cos(N\theta)\sin(\theta),$$

$$z = b \sin(N\theta),$$

где z , y и x - это положения, образующие вектор положения, а b - это радиус сферической поверхности, (θ) - это азимутальный угол; N - это количество витков в проводящей дорожке, причем N является положительным для одного из первого и второго значений намотки и является отрицательным для другого из первого и второго значений намотки.

27. Электромагнитная антенна по п.26, отличающийся тем, что указанное первое изолированное проводящее средство образует первую токопроводящую дорожку вокруг и над указанной сферической поверхностью с первым значением намотки от первого узла ко второму узлу, а указанное

второе изолированное проводящее средство образует вторую токопроводящую дорожку и над указанной сферической поверхностью со вторым значением намотки от второго узла к первому узлу с обеспечением прохождения первой и второй токопроводящих дорожек относительно друг друга во встречном направлении и с образованием единой бесконечной токопроводящей дорожки вокруг и над указанной сферической поверхностью, при этом первый и второй сигнальные выводы, соответственно, электрически соединены с первым и вторым узлами.

28. Электромагнитная антенна по п.26, отличающаяся тем, что указанное первое изолированное проводящее средство образует первую токопроводящую дорожку вокруг и над указанной сферической поверхностью с первым значением намотки от первого узла ко второму узлу и от второго узла к третьему узлу, а указанное второе изолированное проводящее средство образует вторую токопроводящую дорожку вокруг и над указанной сферической поверхностью со вторым значением намотки от третьего узла к четвертому узлу и от четвертого узла к первому узлу с обеспечением прохождения первой и второй токопроводящих дорожек относительно друг друга во встречном направлении и с образованием единой бесконечной токопроводящей дорожки вокруг и над указанной сферической поверхностью, при этом указанные первый и второй сигнальные выводы, соответственно, электрически соединены со вторым и четвертым узлами.

29. Электромагнитная антенна по п.26, отличающаяся тем, что указанное первое изолированное проводящее средство образует первую токопроводящую дорожку вокруг и над указанной сферической поверхностью с первым значением намотки от первого узла ко второму узлу и также образует третью токопроводящую дорожку вокруг и частично над указанной сферической поверхностью со вторым значением намотки от второго узла к первому узлу с образованием первой и третьей токопроводящими дорожками первой бесконечной токопроводящей дорожки вокруг и над указанной сферической поверхностью, а указанное второе изолированное проводящее средство образует вторую токопроводящую дорожку вокруг и частично над указанной сферической поверхностью со вторым значением намотки от третьего узла к четвертому узлу и также образует четвертую токопроводящую дорожку вокруг и частично над указанной сферической поверхностью с первым значением намотки от четвертого узла к третьему узлу с образованием третьей и четвертой токопроводящими дорожками второй бесконечной токопроводящей дорожки вокруг и над указанной сферической поверхностью, причем первая и третья токопроводящие дорожки проходят относительно второй и четвертой токопроводящих дорожек, соответственно, во встречном направлении, при этом указанный первый сигнальный вывод электрически соединен с первым узлом, а указанный второй сигнальный вывод электрически соединен со вторым узлом.

30. Электромагнитная антенна по п.26, отличающаяся тем, что указанная

сферическая поверхность имеет пару полюсов, а первая и вторая токопроводящие дорожки, в общем, пересекаются в каждом из полюсов.

31. Электромагнитная антенна по п.26, отличающаяся тем, что указанная сферическая поверхность имеет пару полюсов, а первая и вторая токопроводящие дорожки, в общем, пересекаются вне каждого из полюсов.

32. Электромагнитная антенна по п.20, отличающаяся тем, что указанная поверхность представляет собой, в общем, сферическую поверхность, имеющую канал вдоль ее главной оси, причем первая и вторая токопроводящие дорожки проходят через канал этой, в общем, сферической поверхности и, в общем, параллельно ее главной оси в канале.

33. Электромагнитная антенна по п.32, отличающаяся тем, что указанное первое изолированное проводящее средство образует первую токопроводящую дорожку вокруг и над указанной, в общем, сферической поверхностью с первым значением намотки от первого узла ко второму узлу, а указанное второе изолированное проводящее средство образует вторую токопроводящую дорожку вокруг и над указанной, как правило, сферической поверхностью со вторым значением намотки от второго узла к первому узлу, причем первая и вторая токопроводящие дорожки проходят относительно друг друга во встречном направлении и образуют единую бесконечную токопроводящую дорожку вокруг и над указанной, как правило, сферической поверхностью, причем указанный первый и второй сигнальные выводы, соответственно, электрически соединены с первым и вторым узлами.

34. Электромагнитная антенна по п.32, отличающаяся тем, что указанное первое изолированное проводящее средство образует первую токопроводящую дорожку вокруг и над указанной, в общем, сферической поверхностью с первым значением намотки от первого узла ко второму узлу и от второго узла к третьему узлу, а указанное второе изолированное проводящее средство образует вторую частично токопроводящую дорожку вокруг и над указанной, в общем, сферической поверхностью со вторым значением намотки от третьего узла к четвертому узлу и от четвертого узла к первому узлу, причем первая и вторая токопроводящие дорожки проходят относительно друг друга во встречном направлении и образуют единую бесконечную токопроводящую дорожку вокруг и над указанной, в общем, сферической поверхностью, причем указанные первый и второй сигнальные выводы, соответственно, электрически соединены со вторым и четвертым узлами.

35. Электромагнитная антенна по п.32, отличающаяся тем, что указанное первое изолированное проводящее средство образует первую токопроводящую дорожку вокруг и частично над указанной, в общем, сферической поверхностью с первым значением намотки от первого узла ко второму узлу и также образует третью токопроводящую дорожку вокруг и частично

над указанной, как правило, сферической поверхностью со вторым значением намотки от второго узла к первому узлу с образованием первой и третьей токопроводящими дорожками первой бесконечной токопроводящей дорожки вокруг и над указанной, в общем, сферической поверхностью, а указанное второе изолированное проводящее средство образует вторую токопроводящую дорожку вокруг и частично над указанной, в общем, сферической поверхностью со вторым значением намотки от третьего узла к четвертому узлу и также образует четвертую токопроводящую дорожку вокруг и частично над указанной, в общем, сферической поверхностью с первым значением намотки от четвертого узла к третьему узлу с образованием третьей и четвертой токопроводящими дорожками второй бесконечной токопроводящей дорожки вокруг и над указанной, в общем, сферической поверхностью, причем первая и третья токопроводящие дорожки проходят, соответственно, по отношению ко второй и четвертой токопроводящим дорожкам во встречном направлении, причем указанный первый сигнальный вывод электрически соединен с первым узлом, а указанный второй сигнальный вывод электрически соединен со вторым узлом.

36. Электромагнитная антенна для использования с антенным сигналом, содержащая полусферическую поверхность, первое изолированное проводящее средство, образующее первую токопроводящую дорожку вокруг и, по меньшей мере, частично над указанной полусферической поверхностью с, по меньшей мере, первым значением намотки, и первый и второй сигнальные выводы, отличающаяся тем, что она включает в себя второе изолированное проводящее средство, образующее вторую токопроводящую дорожку вокруг и, по меньшей мере, частично над указанной полусферической поверхностью, по меньшей мере, со вторым значением намотки, которое противоположно направлено первому значению намотки, с обеспечением прохождения первого и второго изолированных проводящих средств относительно друг друга во встречном направлении вокруг и, по меньшей мере, частично над указанной полусферической поверхностью, а первый и второй сигнальные выводы, соответственно, электрически соединены с указанными первым и вторым изолированными проводящими средствами.

37. Электромагнитная антенна по п.36, отличающаяся тем, что указанное первое изолированное проводящее средство образует первую токопроводящую дорожку вокруг и над указанной полусферической поверхностью с первым значением намотки от первого узла ко второму узлу, а указанное второе изолированное проводящее средство образует вторую токопроводящую дорожку вокруг и над указанной полусферической поверхностью со вторым значением намотки от второго узла к первому узлу с обеспечением прохождения первой и второй токопроводящих дорожек относительно друг друга во встречном направлении и с образованием единой бесконечной токопроводящей дорожки вокруг и над

указанной полусферической поверхностью, при этом указанные первый и второй сигнальные выводы, соответственно, электрически соединены с первым и вторым узлами.

38. Электромагнитная антенна по п.36, отличающаяся тем, что указанное первое изолированное проводящее средство образует первую токопроводящую дорожку вокруг и над указанной полусферической поверхностью с первым значением намотки от первого узла ко второму узлу и от второго узла к третьему узлу, а указанное второе изолированное проводящее средство образует вторую токопроводящую дорожку вокруг и над указанной полусферической поверхностью со вторым значением намотки от третьего узла к четвертому узлу и от четвертого узла к первому узлу с обеспечением прохождения первой и второй токопроводящих дорожек относительно друг друга во встречном направлении и с образованием единой бесконечной токопроводящей дорожки вокруг и над указанной полусферической поверхностью, при этом указанные первый и второй сигнальные выводы, соответственно, электрически соединены со вторым и четвертым узлами.

39. Электромагнитная антенна по п.36, отличающаяся тем, что указанное первое изолированное проводящее средство образует первую токопроводящую дорожку вокруг и частично над указанной полусферической поверхностью с первым значением намотки от первого узла ко второму узлу и также образует третью токопроводящую дорожку вокруг и частично над указанной полусферической

поверхностью со вторым значением намотки от второго узла к первому узлу с образованием первой и третьей токопроводящими дорожками первой бесконечной токопроводящей дорожки вокруг и над указанной полусферической поверхностью, а указанное второе изолированное проводящее средство образует вторую токопроводящую дорожку вокруг и частично над указанной полусферической поверхностью со вторым значением намотки от третьего узла к четвертому узлу и также образует четвертую токопроводящую дорожку вокруг и частично над указанной полусферической поверхностью с первым значением намотки от четвертого узла к третьему узлу с образованием третьей и четвертой токопроводящими дорожками второй бесконечной токопроводящей дорожки вокруг и над указанной полусферической поверхностью, причем первая и третья токопроводящие дорожки проходят относительно второй и четвертой токопроводящих дорожек, соответственно, во встречном направлении, при этом указанный первый сигнальный вывод электрически соединен с первым узлом, а указанный второй сигнальный вывод электрически соединен со вторым узлом.

40. Электромагнитная антенна по п.36, отличающаяся тем, что указанная полусферическая поверхность имеет плоскую поверхность, связанную с указанными первым и вторым сигнальными выводами.

41. Электромагнитная антенна по п.40, отличающаяся тем, что плоская поверхность представляет собой земляную плоскость.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

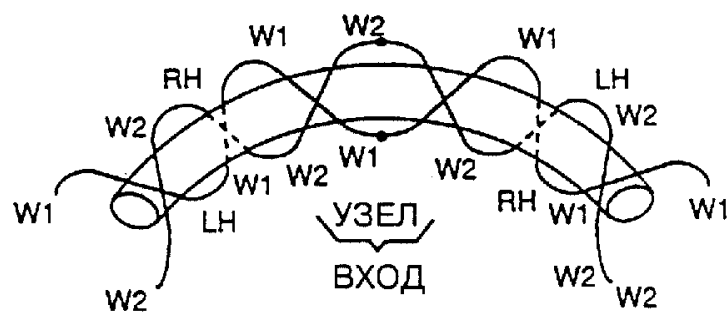
50

55

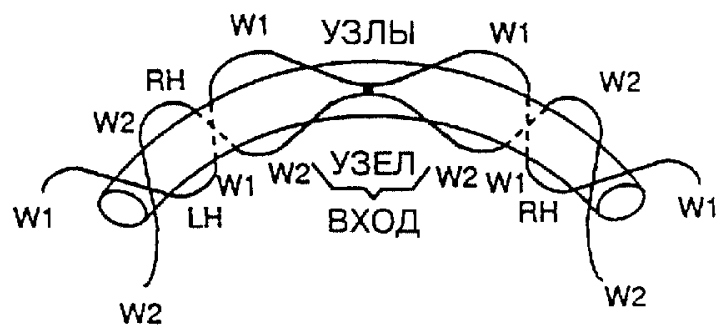
60

а) ДИАМЕТРАЛЬНО ПРОТИВОПОЛОЖНЫЕ УЗЛЫ

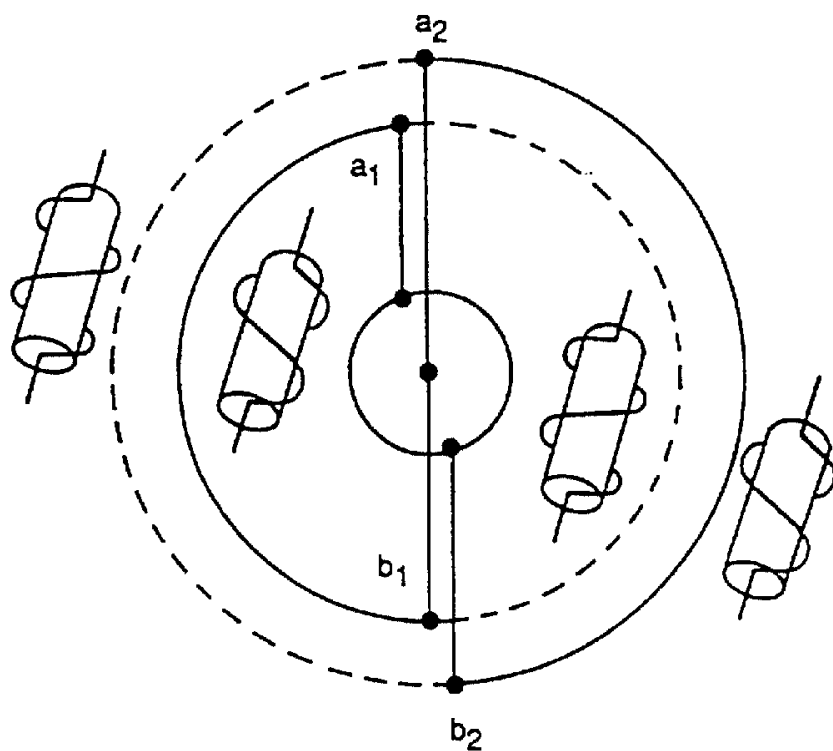
УЗЛЫ



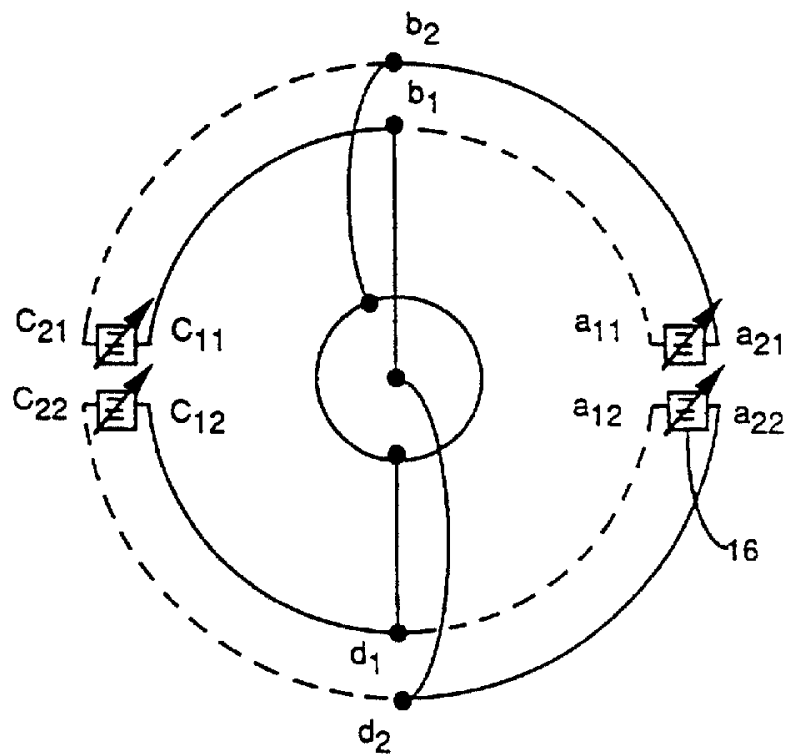
ФИГ.2



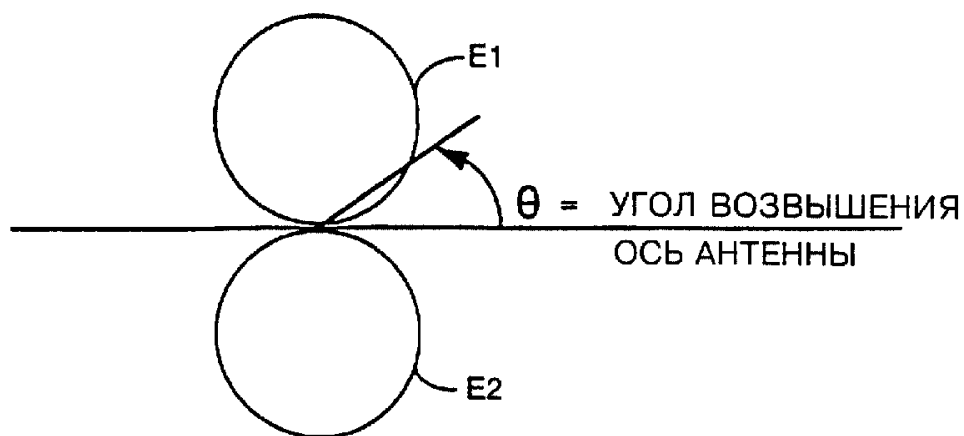
ФИГ.3



ФИГ.4

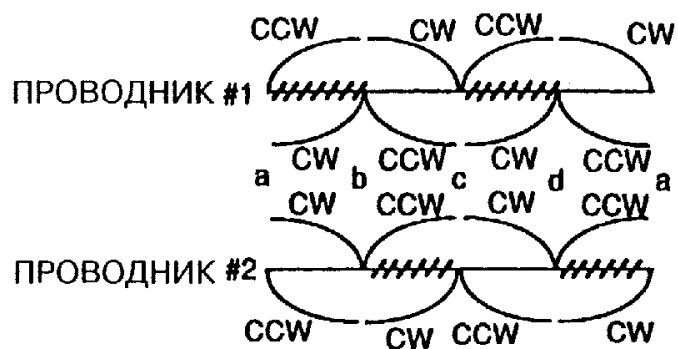


ФИГ.5



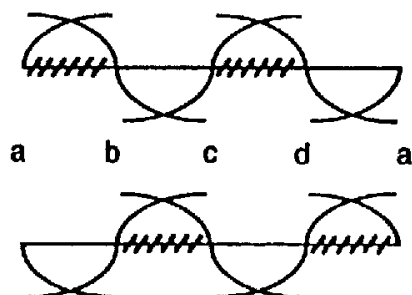
ФИГ.6

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА J



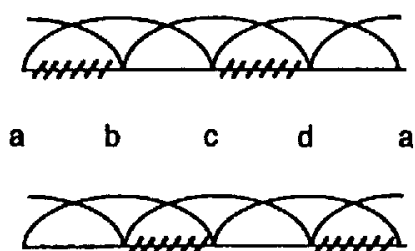
ФИГ.7

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК J ПО
НАПРАВЛЕНИЮ ПРОТИВ
ЧАСОВОЙ СТРЕЛКИ



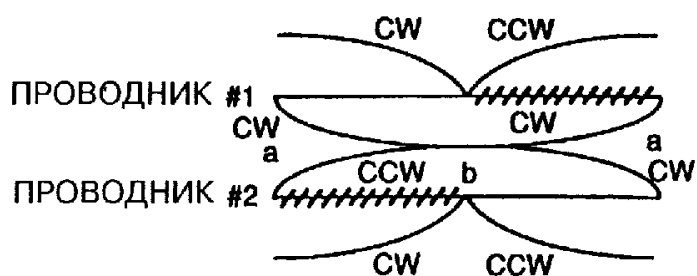
ФИГ.8

МАГНИТНЫЙ ТОК (ПОЛЕ) M
ПО НАПРАВЛЕНИЮ ПРОТИВ
ЧАСОВОЙ СТРЕЛКИ



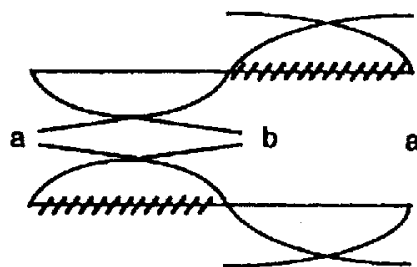
ФИГ.9

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИ-
ЧЕСКОГО ТОКА J



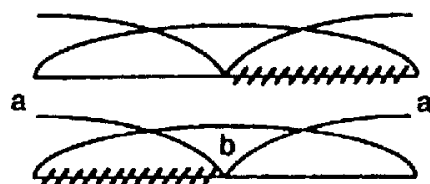
ФИГ.10

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК J ПО
НАПРАВЛЕНИЮ ПРОТИВ
ЧАСОВОЙ СТРЕЛКИ

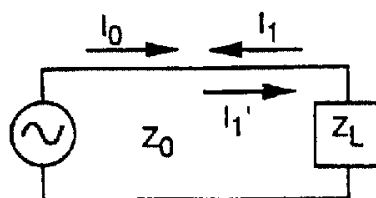


ФИГ.11

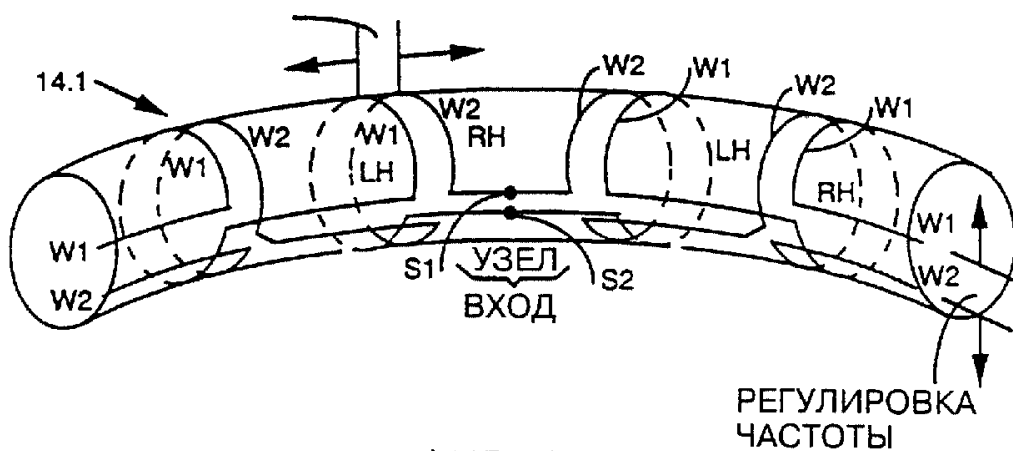
МАГНИТНЫЙ ТОК (ПОЛЕ) M
ПО НАПРАВЛЕНИЮ ПРОТИВ
ЧАСОВОЙ СТРЕЛКИ



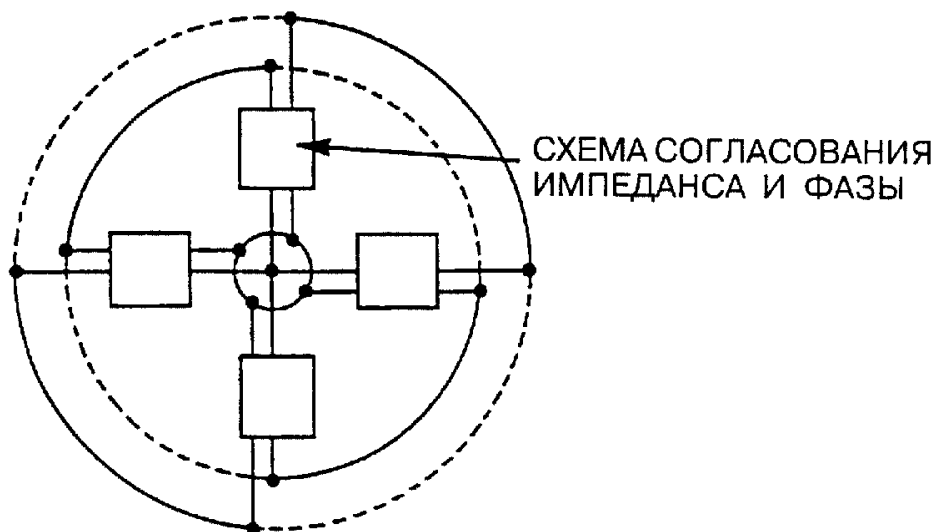
ФИГ.12



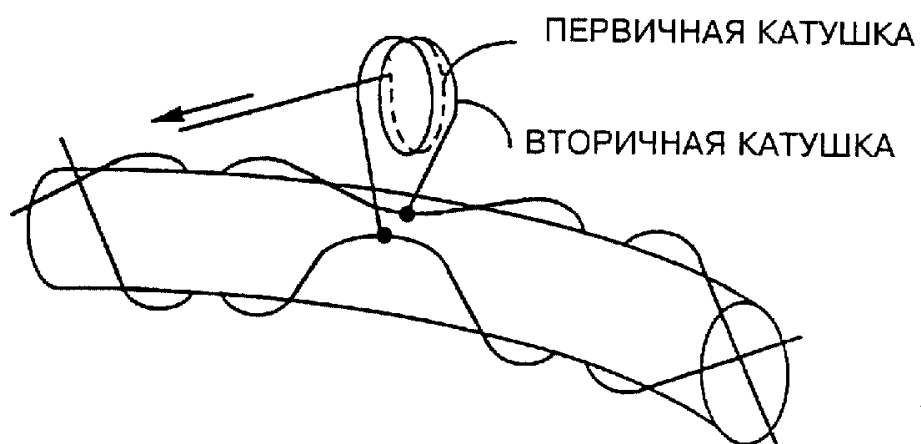
ФИГ.13



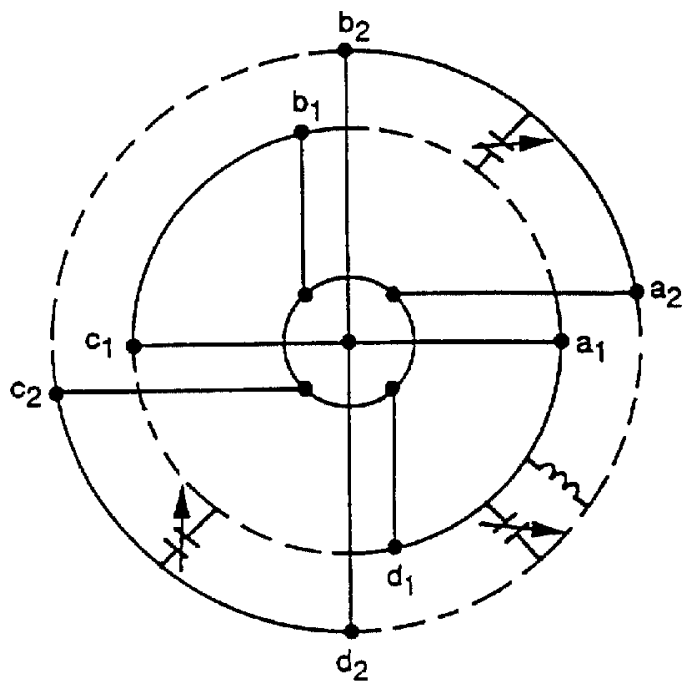
ФИГ.14



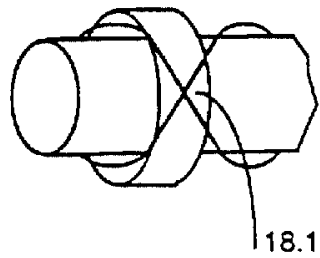
ФИГ.15



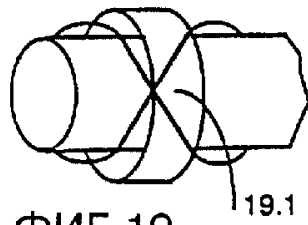
ФИГ.16



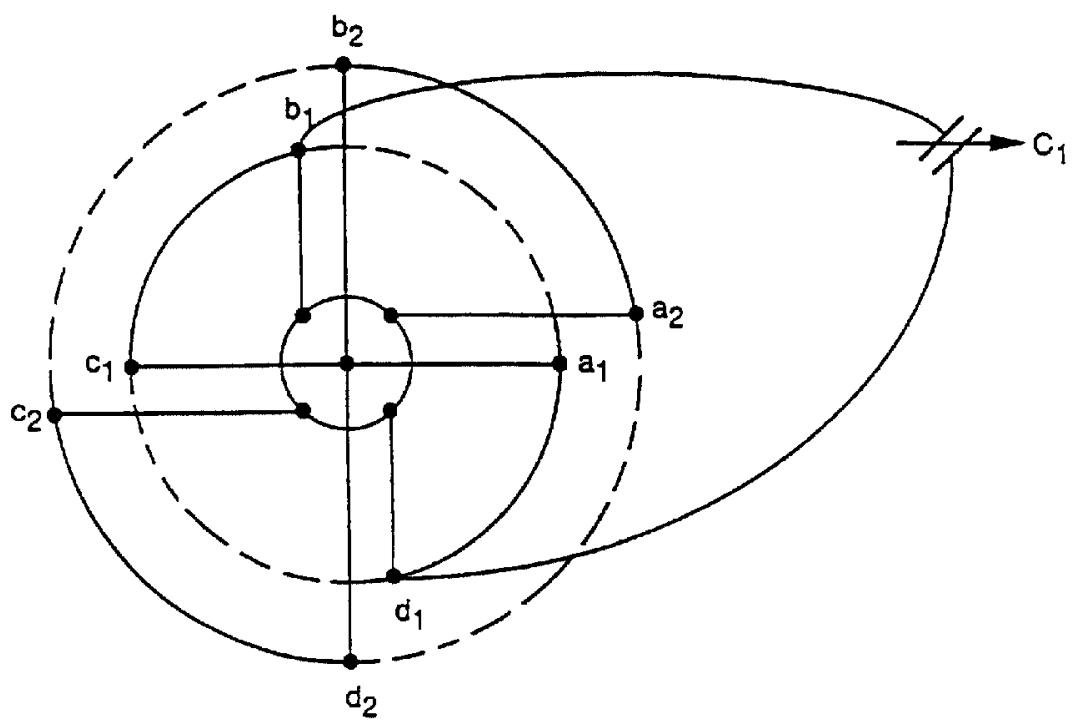
ФИГ.17



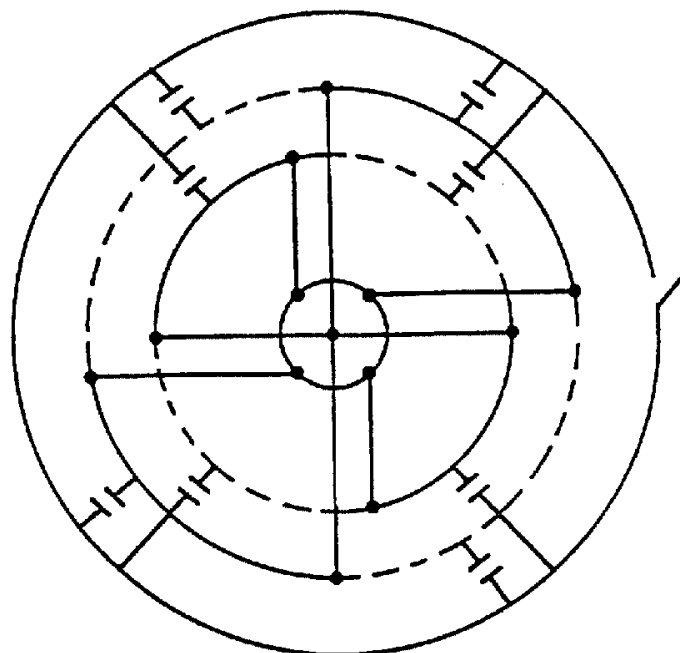
ФИГ.18



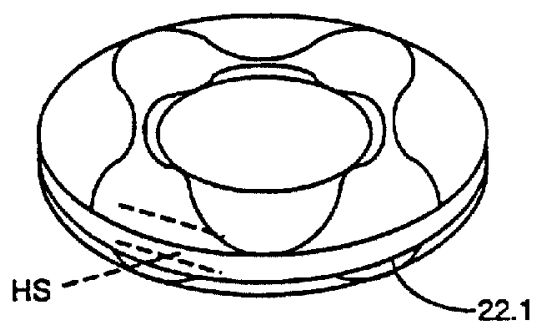
ФИГ.19



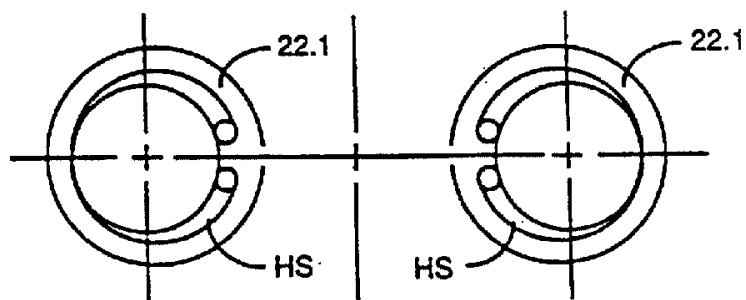
ФИГ.20



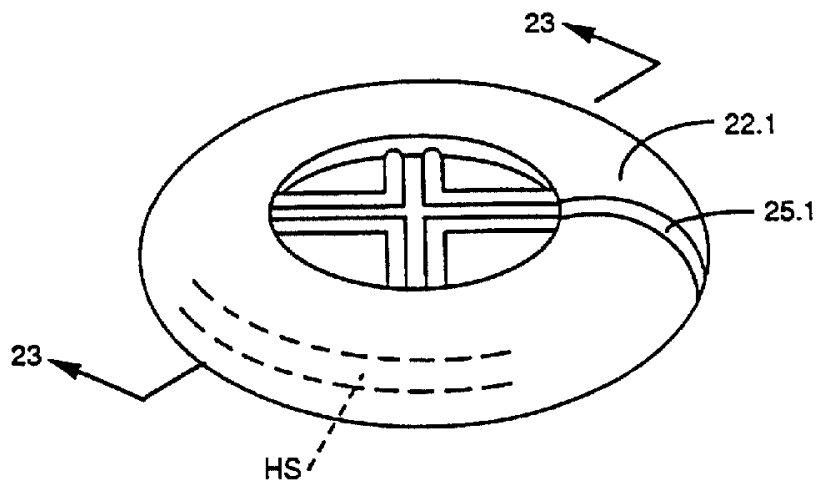
ФИГ.21



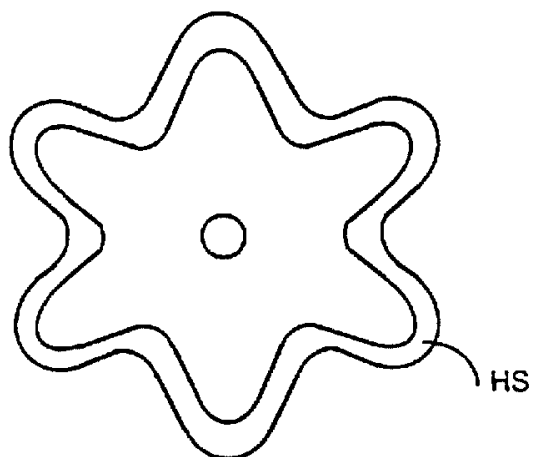
ФИГ.22



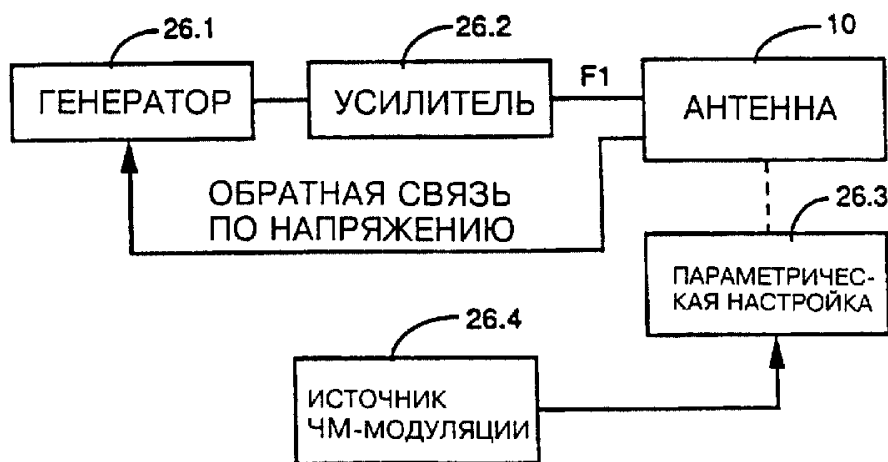
ФИГ.23



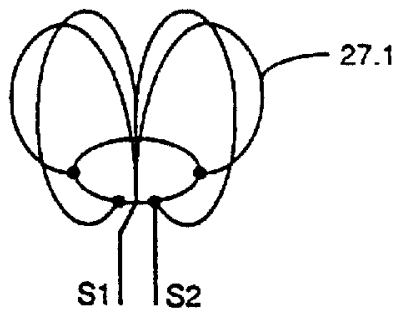
ФИГ.24



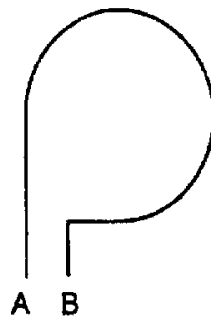
ФИГ.25



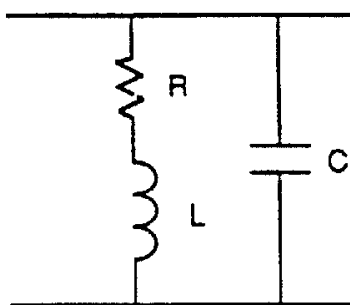
ФИГ.26



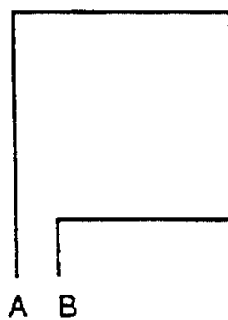
ФИГ.27



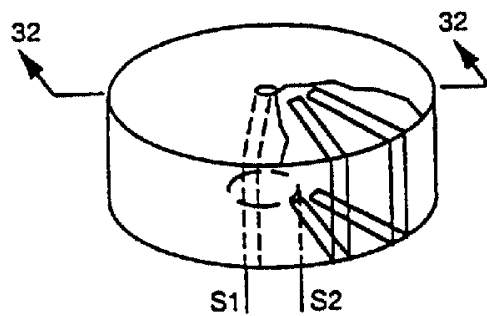
ФИГ.28



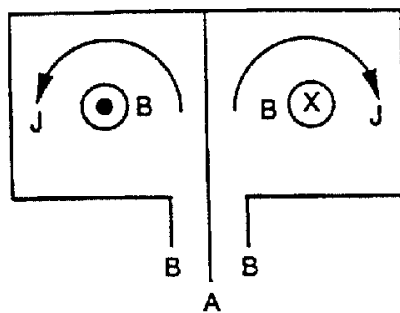
ФИГ.29



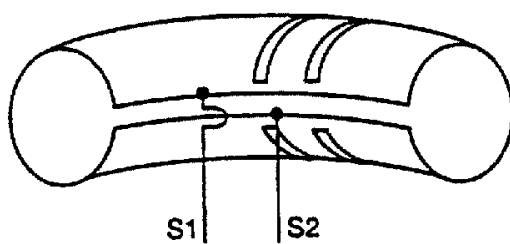
ФИГ.30



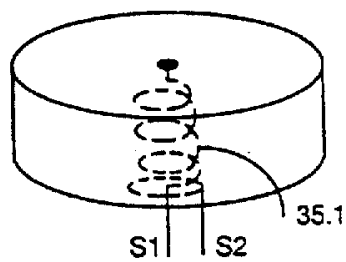
ФИГ.31



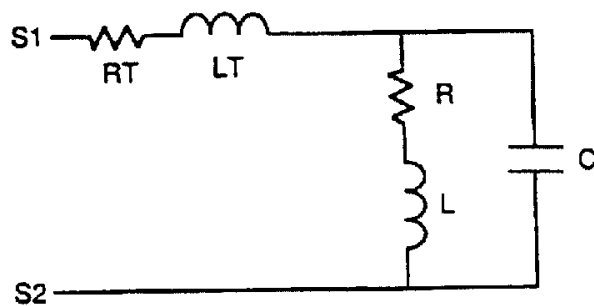
ФИГ.32



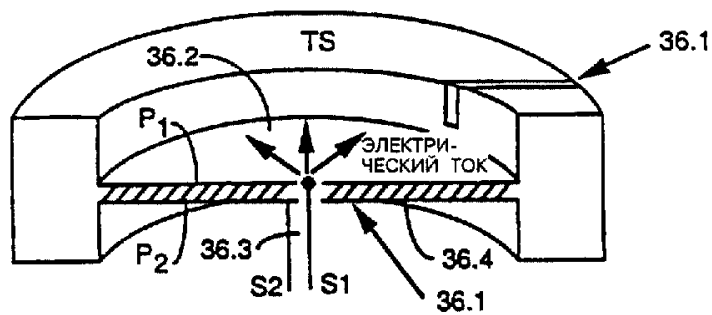
ФИГ.33



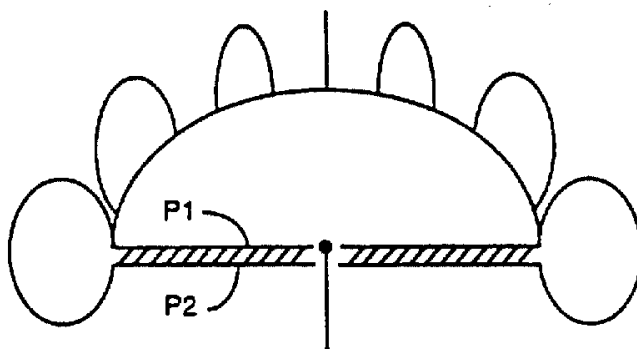
ФИГ.34



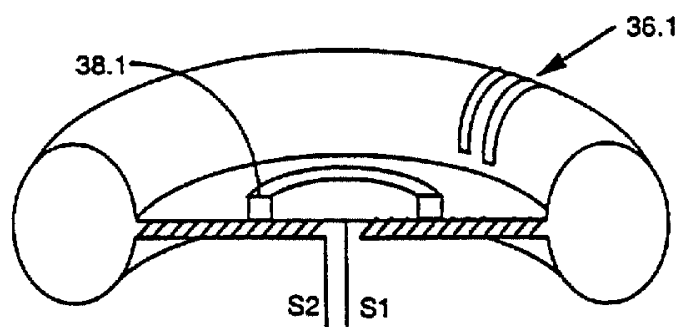
ФИГ.35



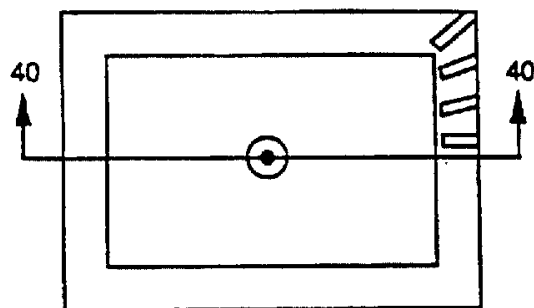
ФИГ.36



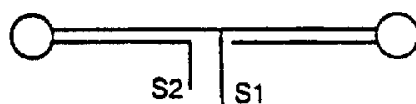
ФИГ.37



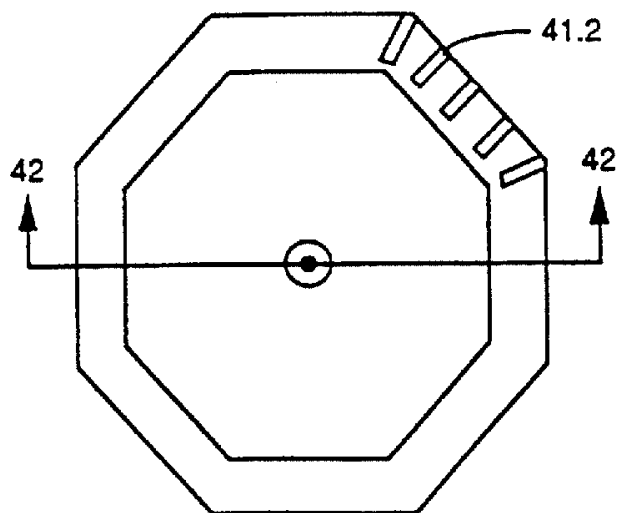
ФИГ.38



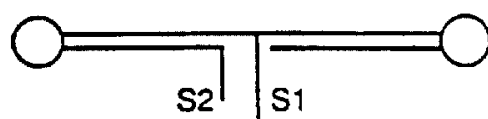
ФИГ.39



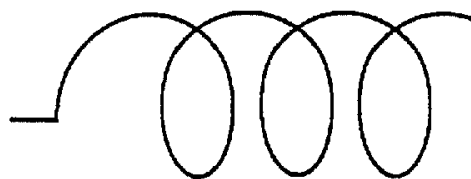
ФИГ.40



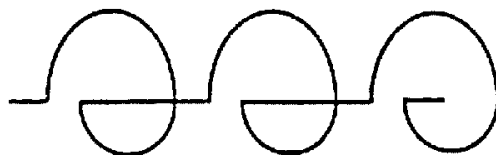
ФИГ.41



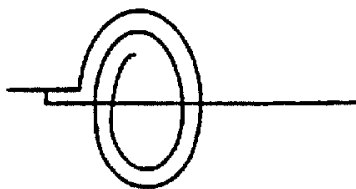
ФИГ.42



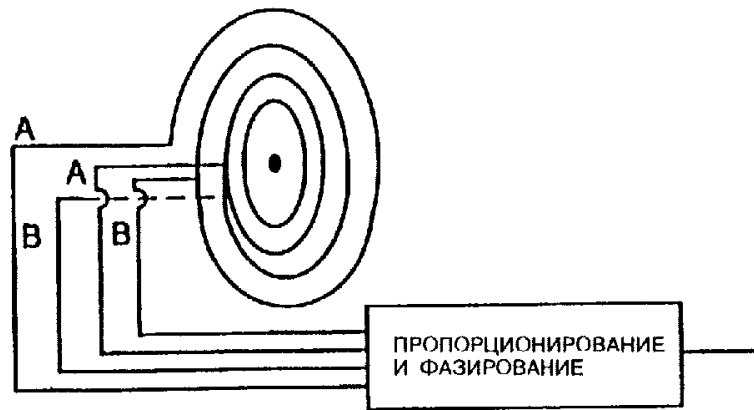
ФИГ.43 ИЗВЕСТНЫЙ УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ



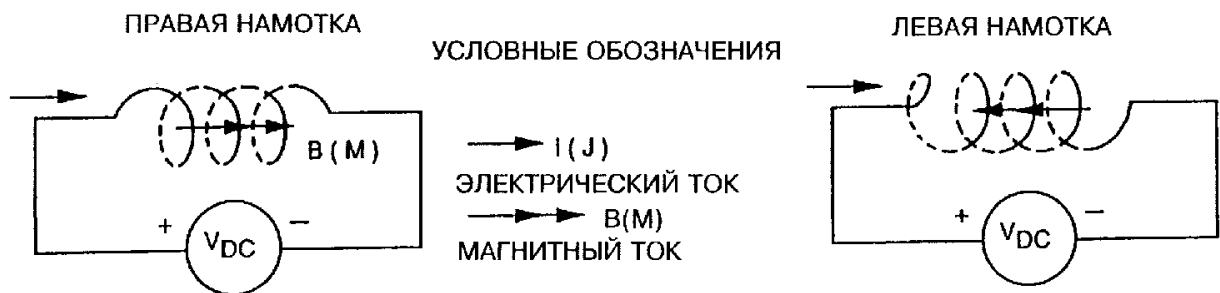
ФИГ.44 ИЗВЕСТНЫЙ УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ



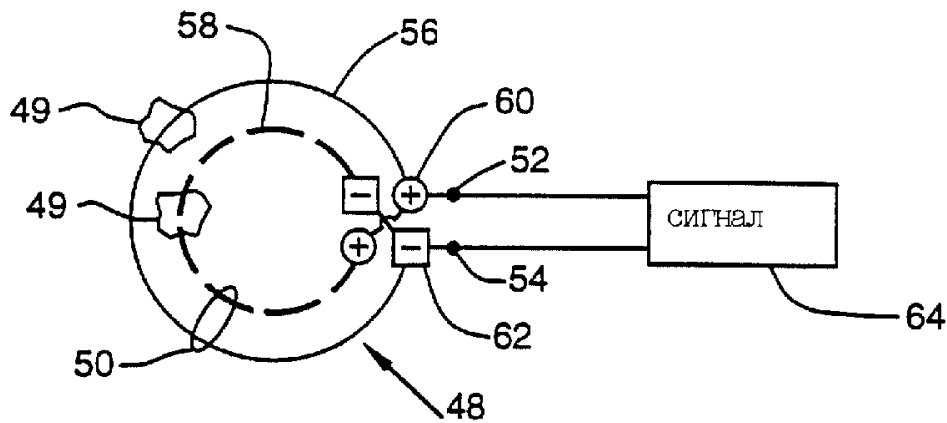
ФИГ.45



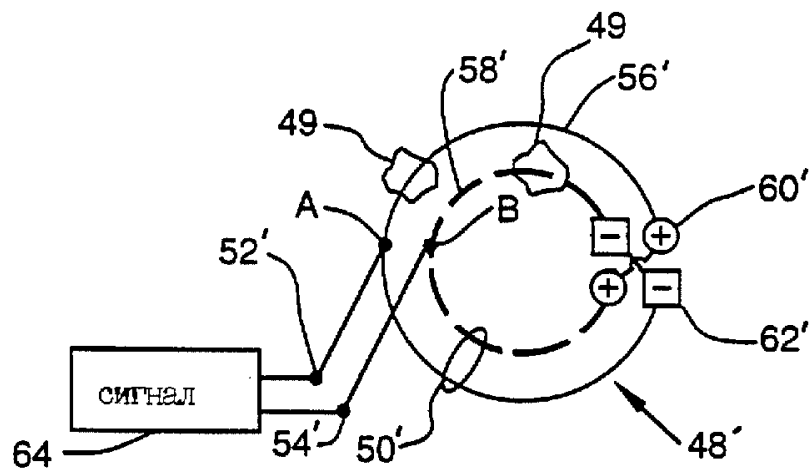
ФИГ. 46



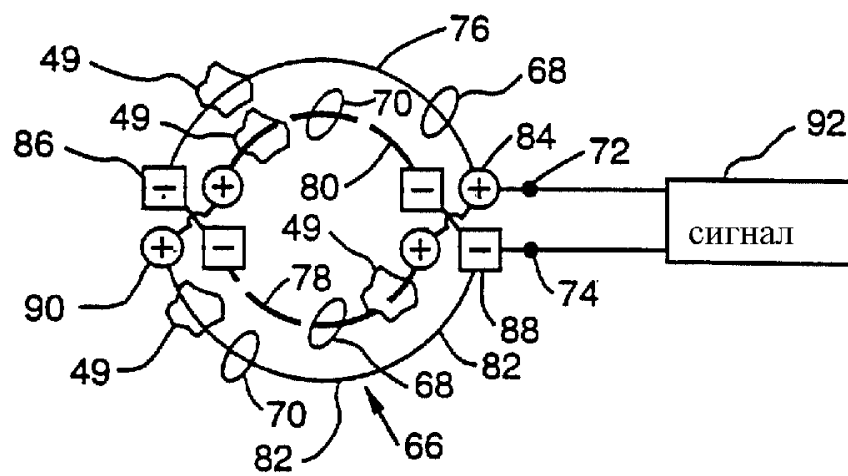
ФИГ.47 ИЗВЕСТНЫЙ УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ



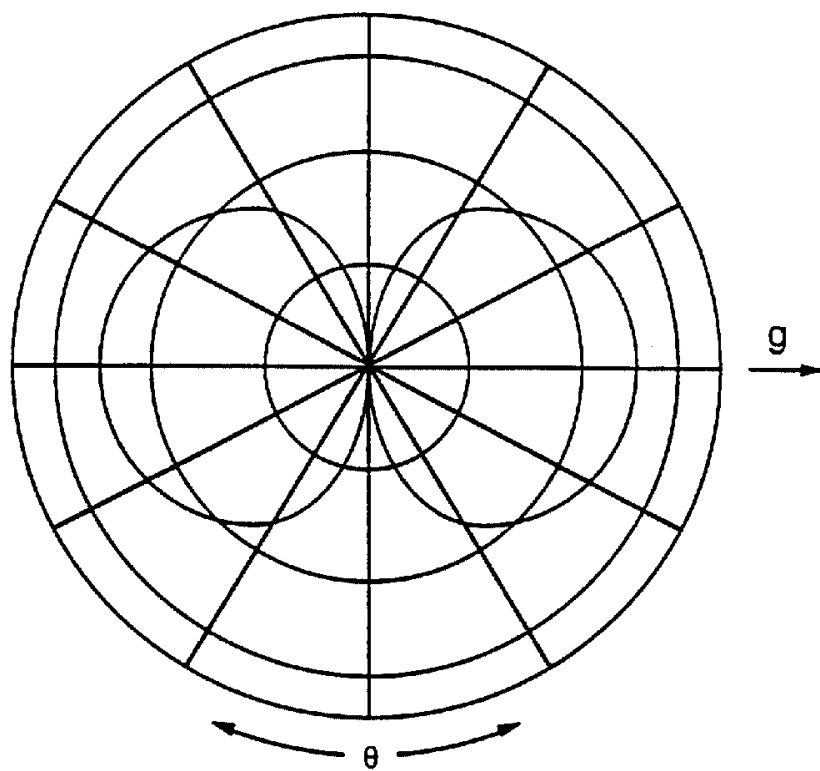
Фиг.48



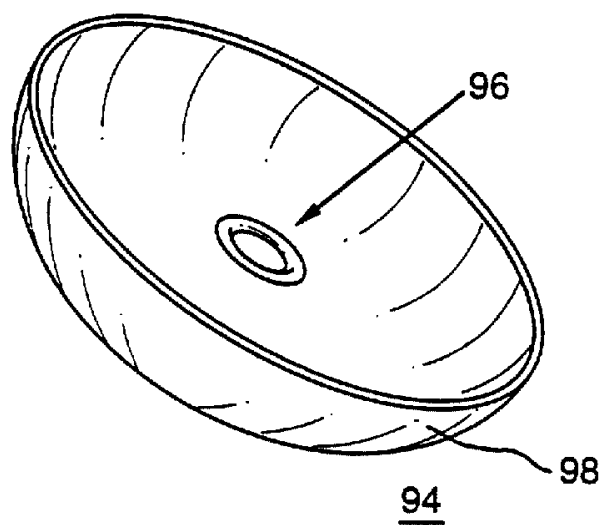
Фиг.49



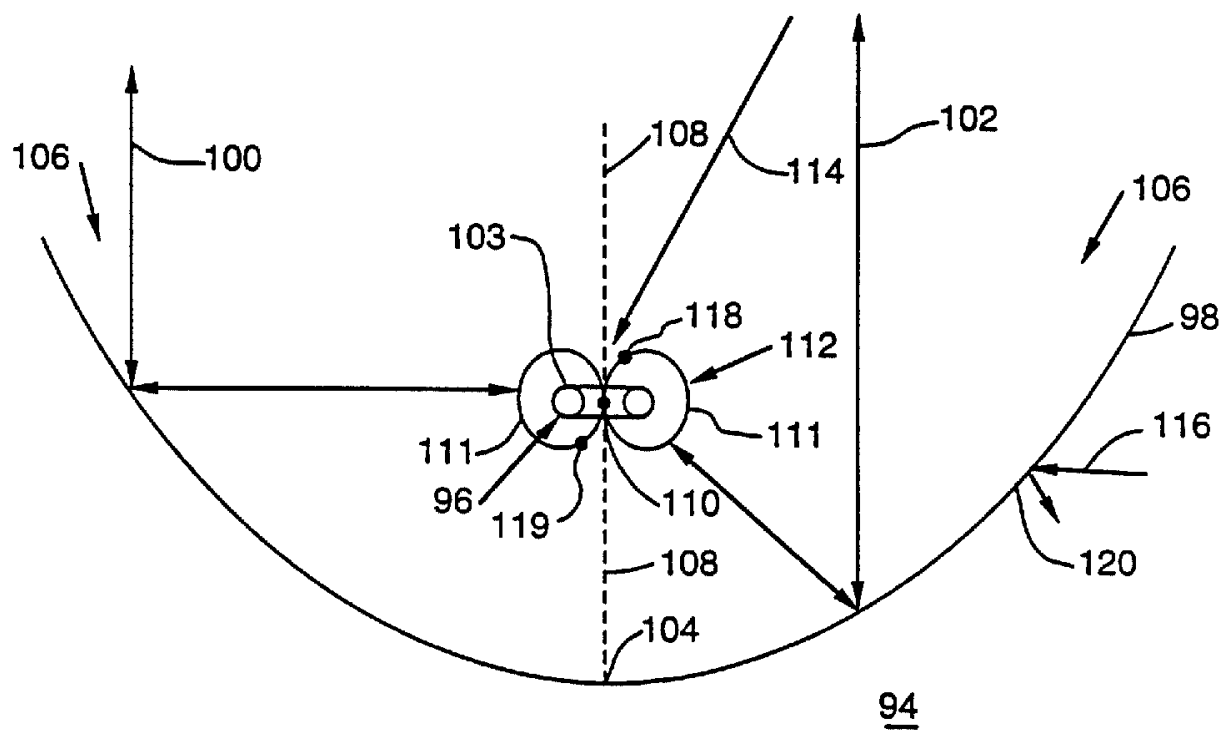
Фиг.50



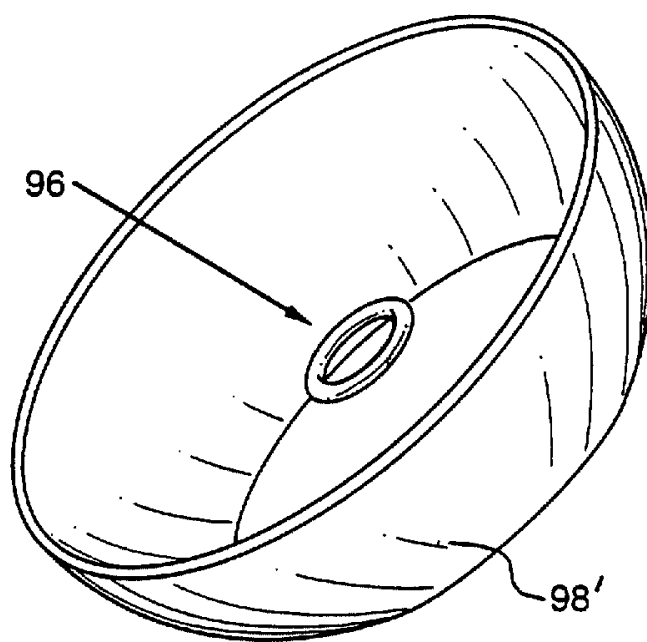
Фиг.51



Фиг.52

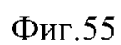


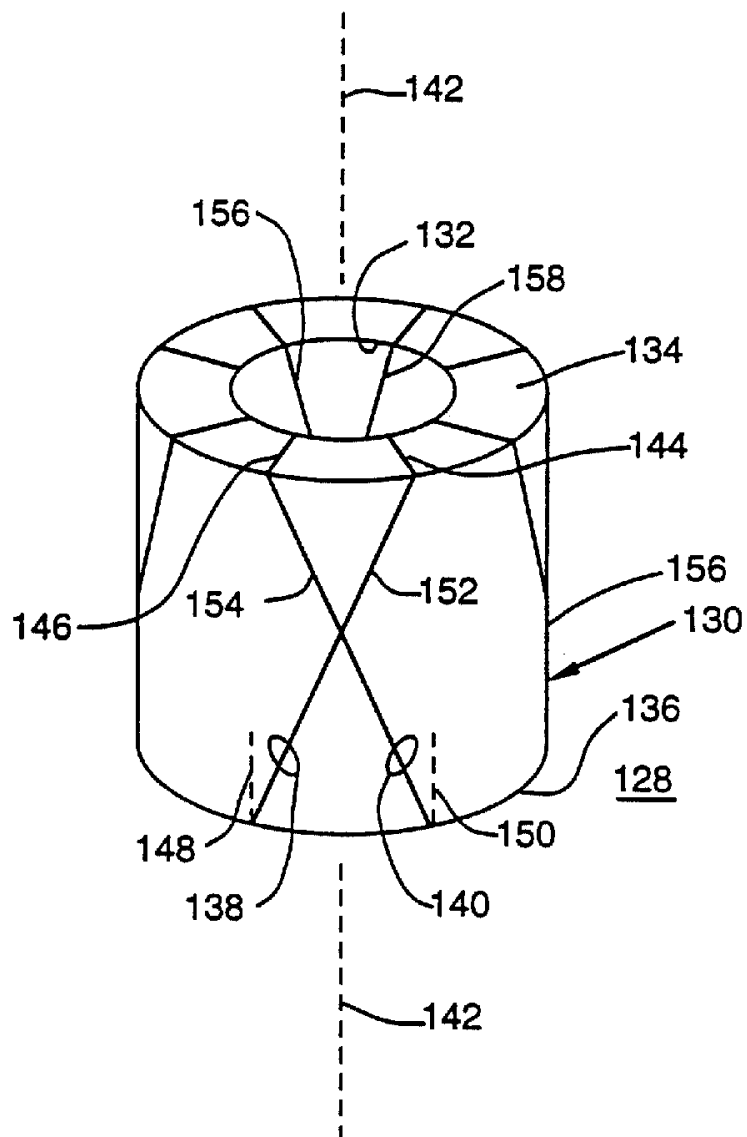
Фиг.53



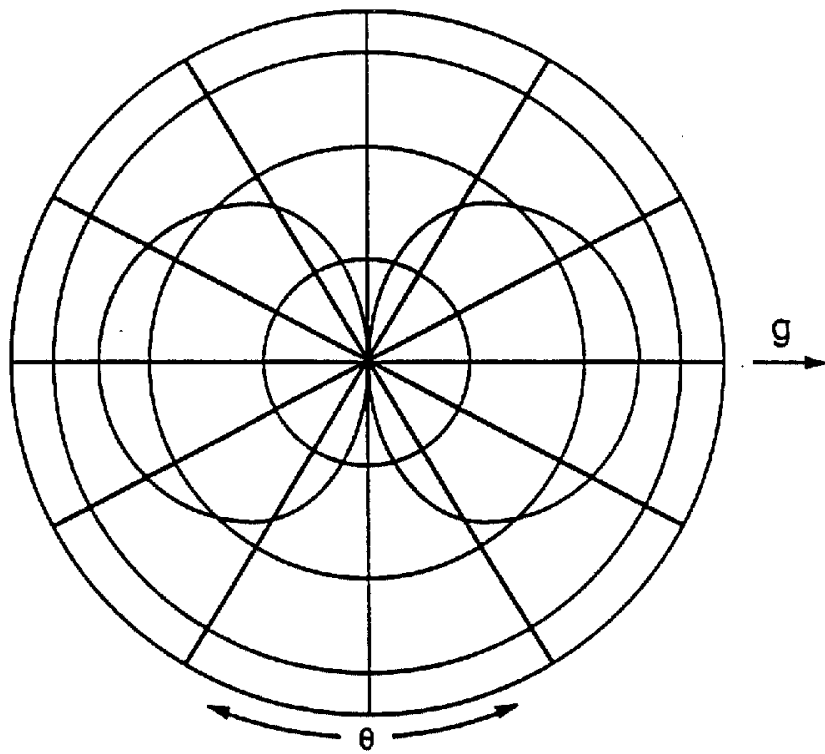
94'

Фиг.54

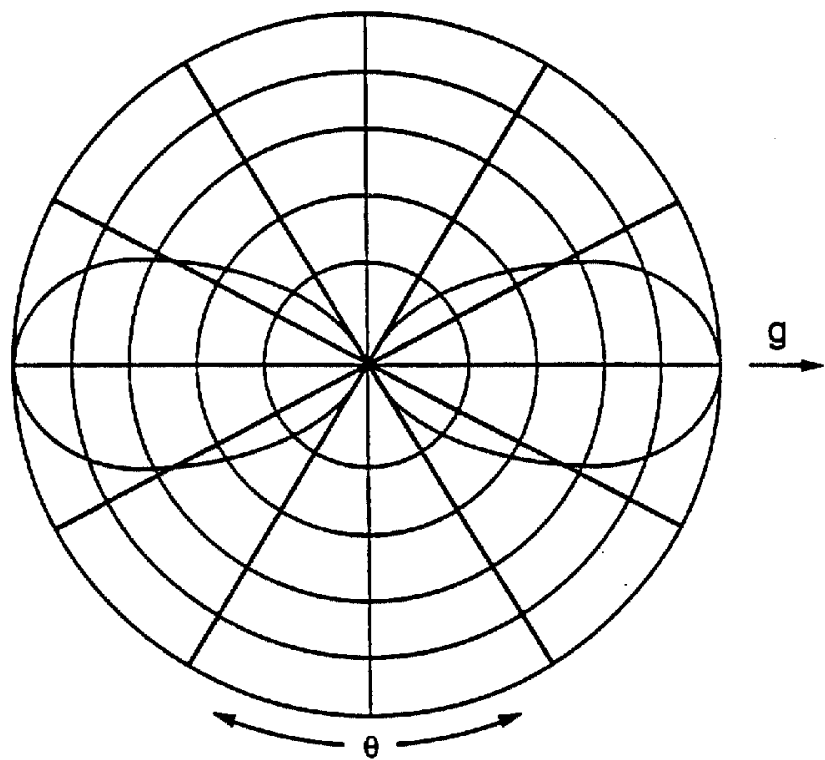




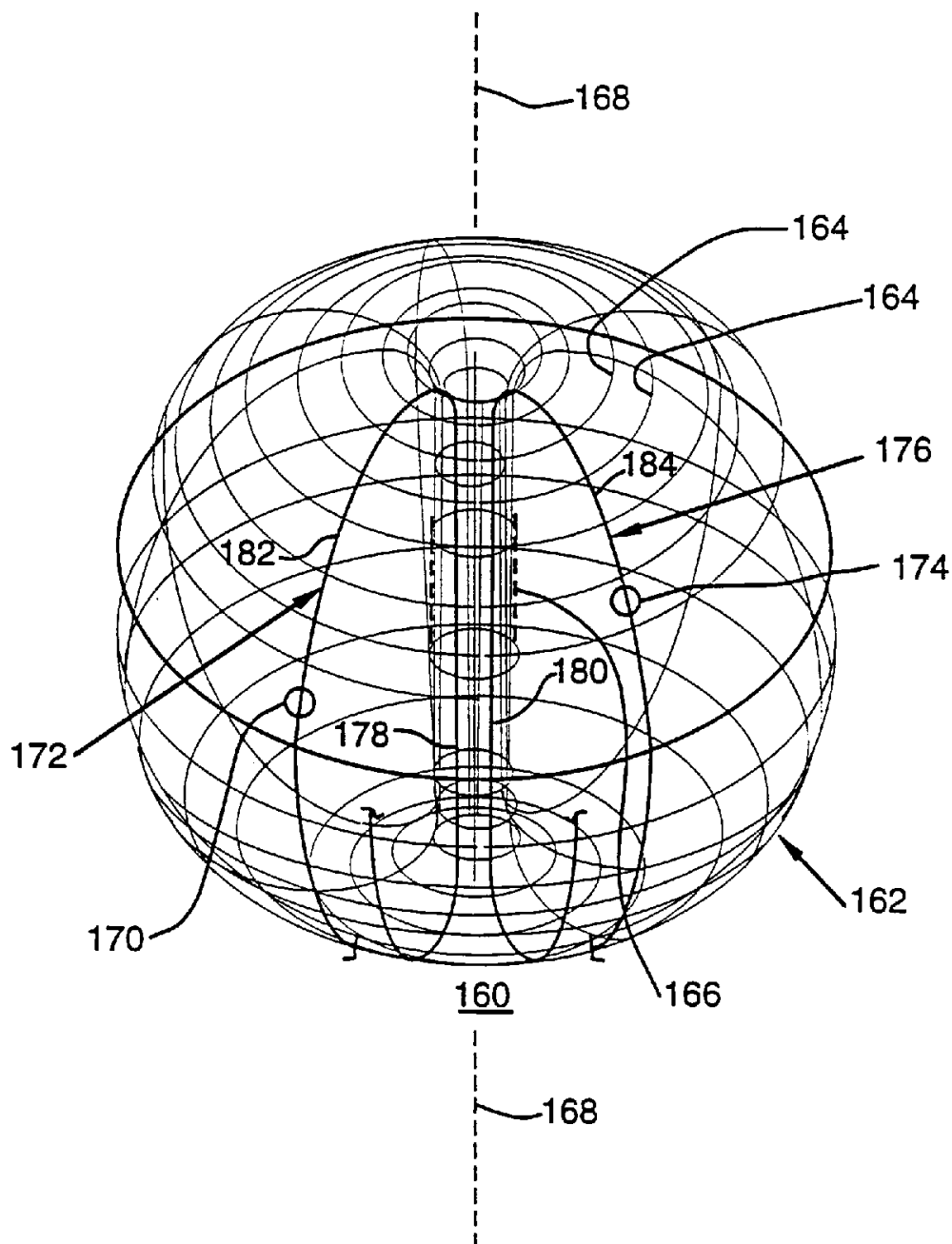
Фиг.56



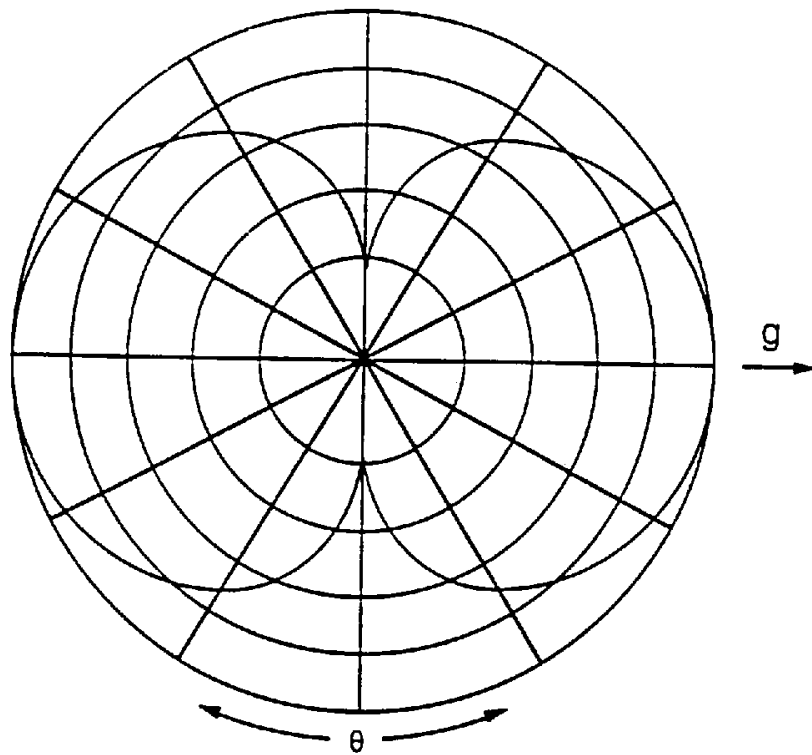
Фиг.57



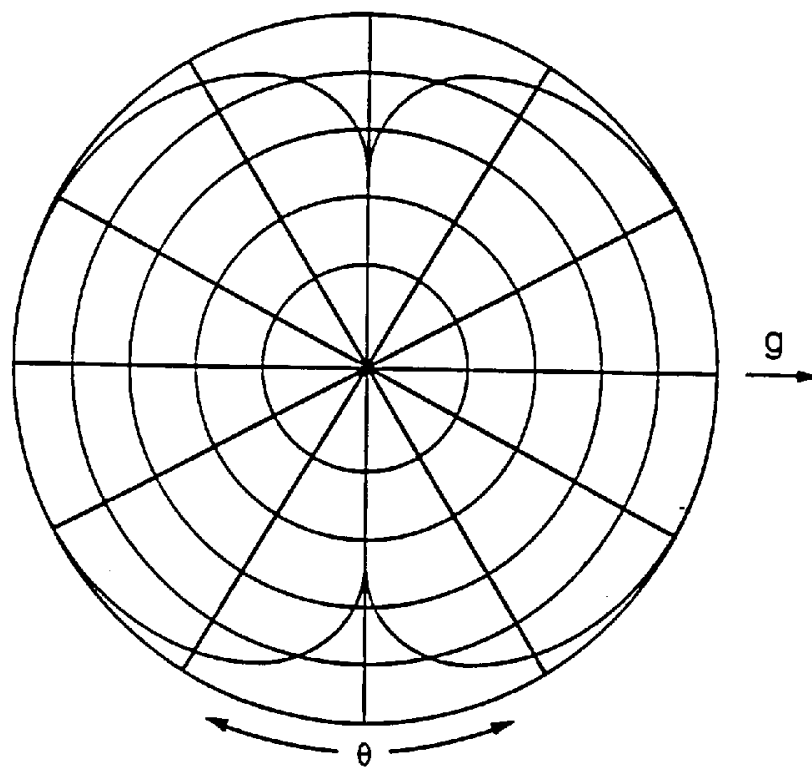
Фиг.58



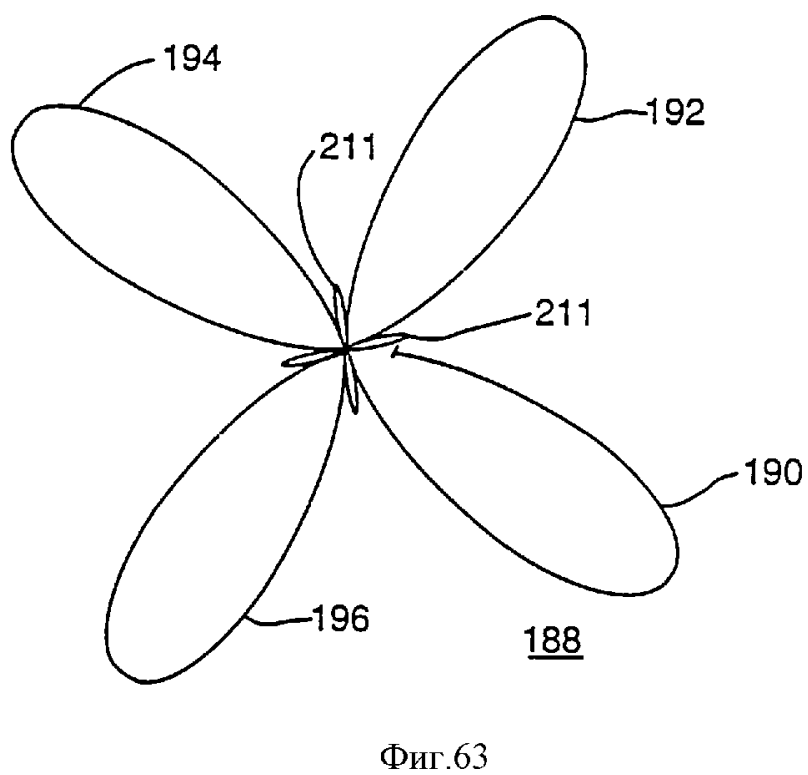
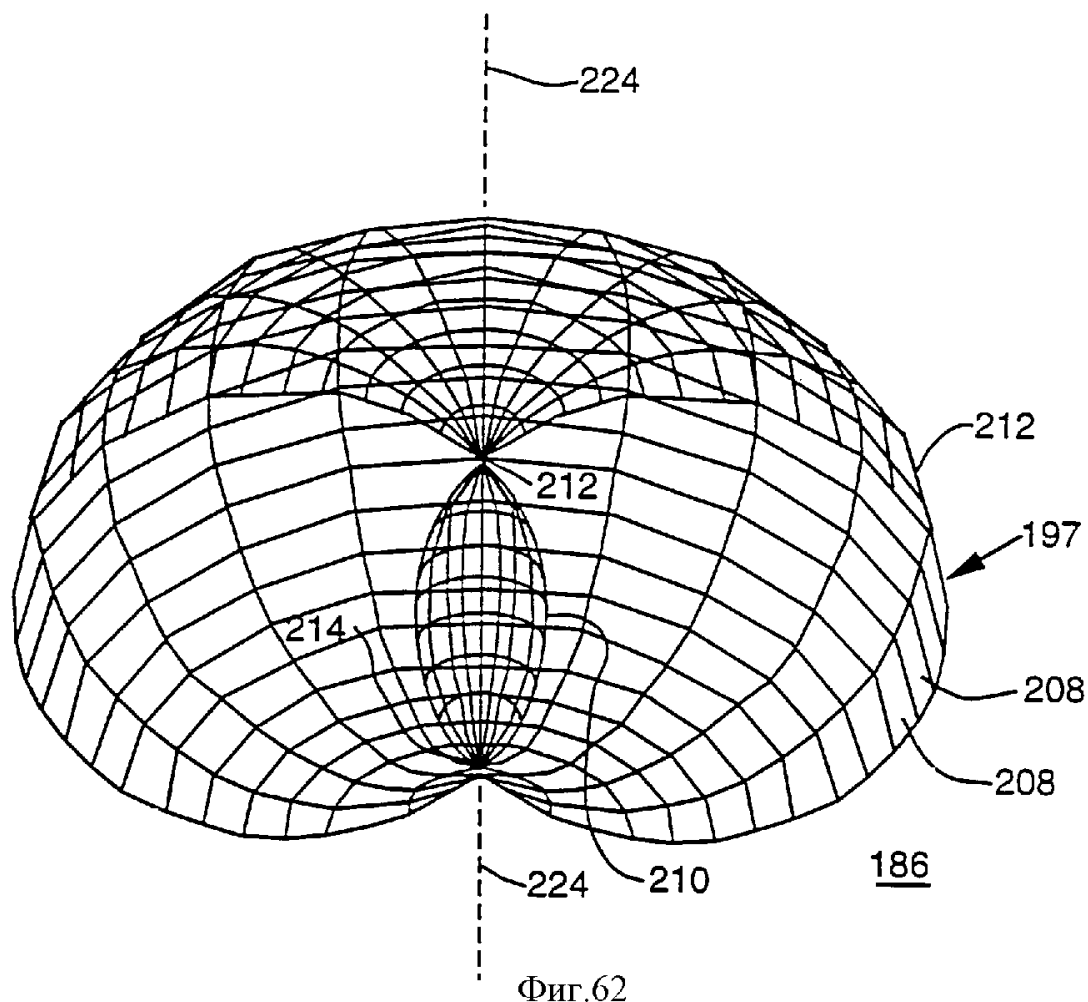
Фиг.59

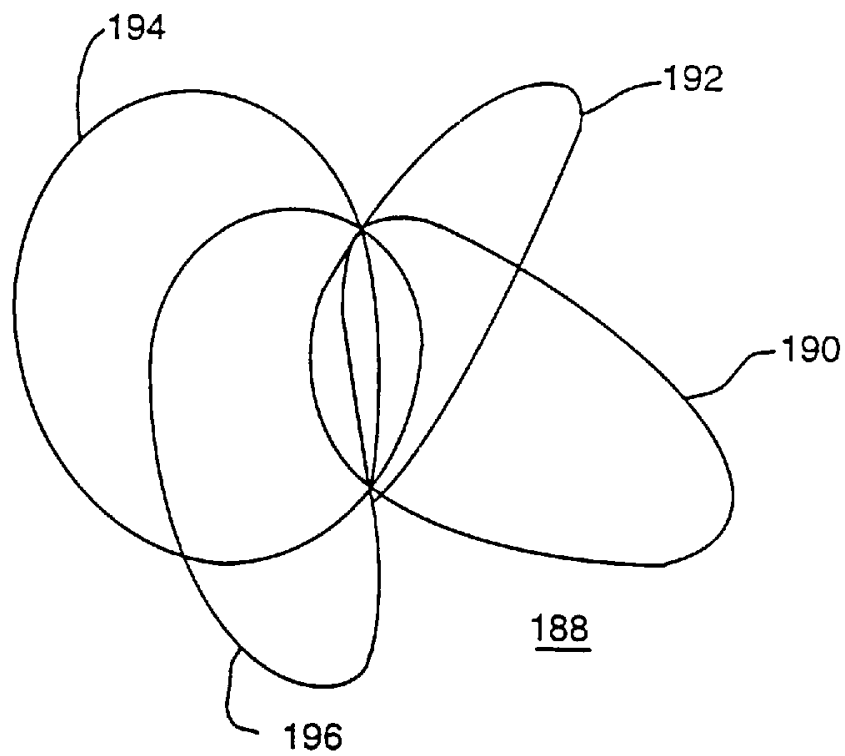


Фиг.60

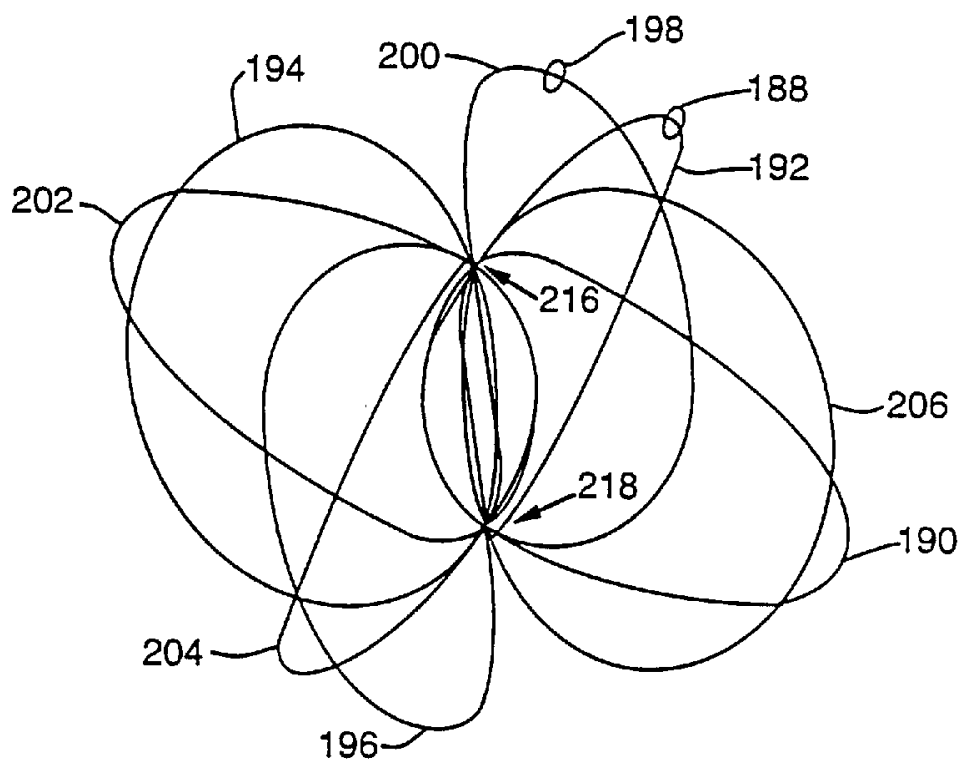


Фиг.61

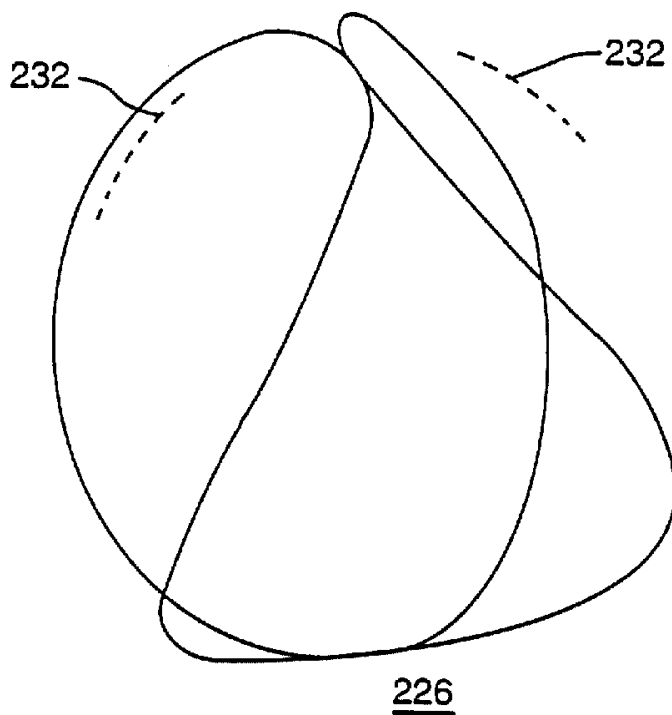




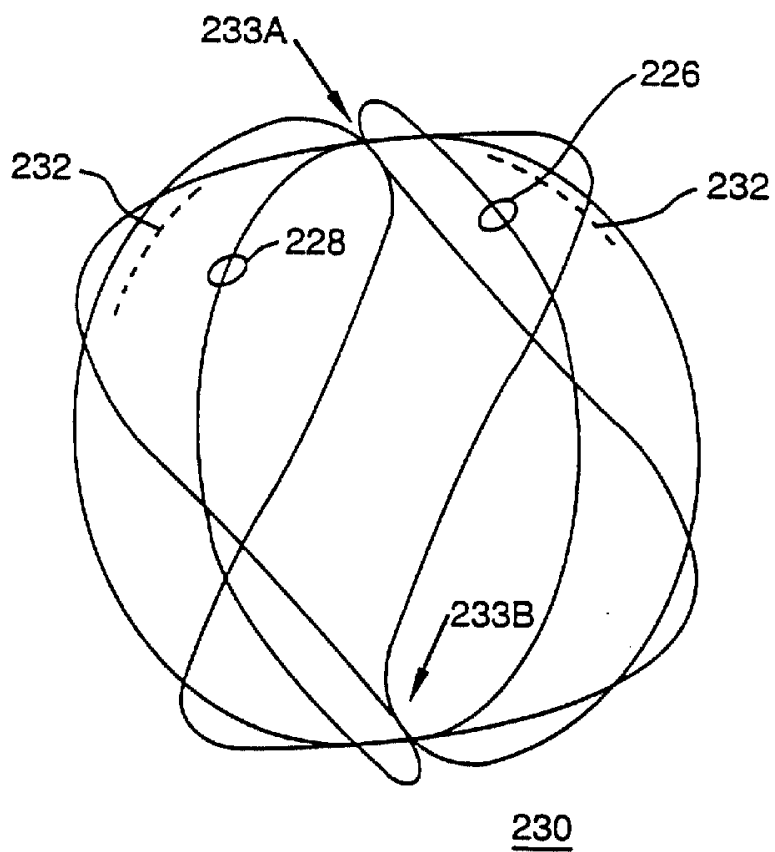
Фиг.64



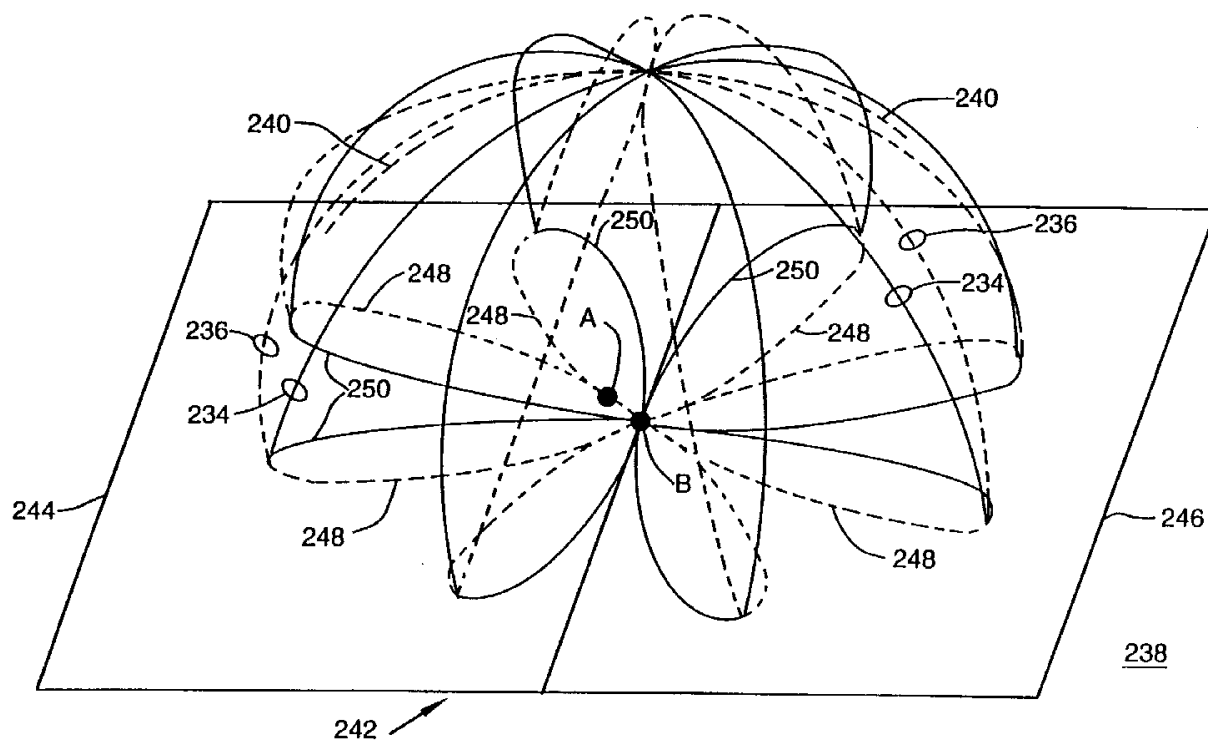
Фиг.65



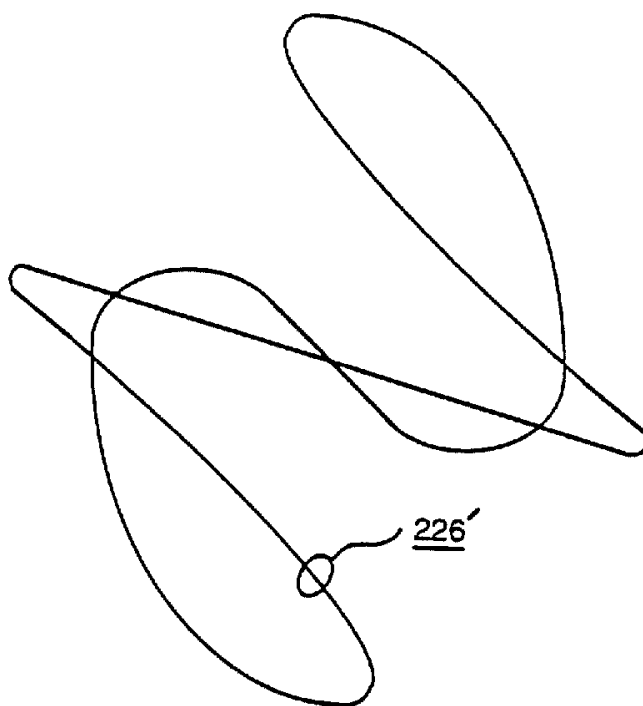
Фиг.66



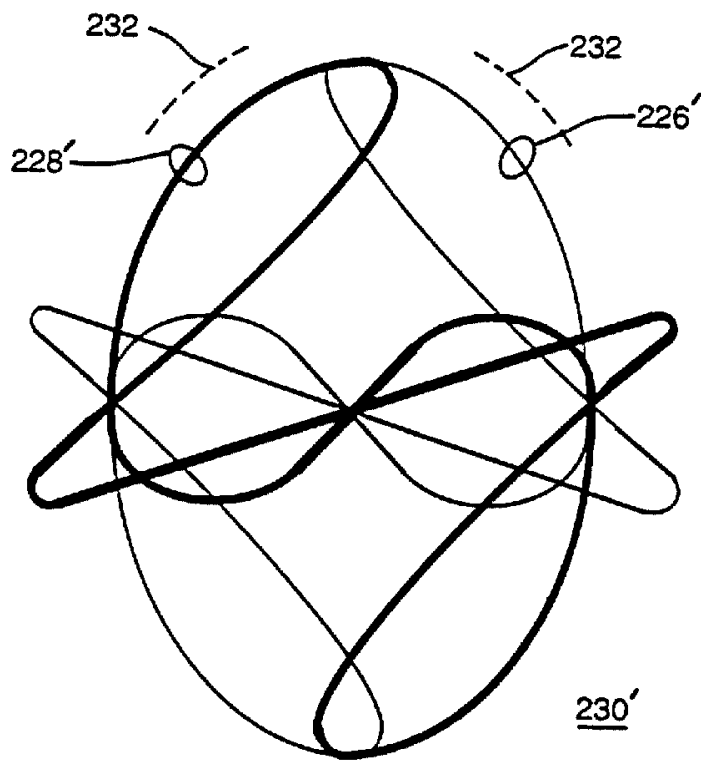
Фиг.67



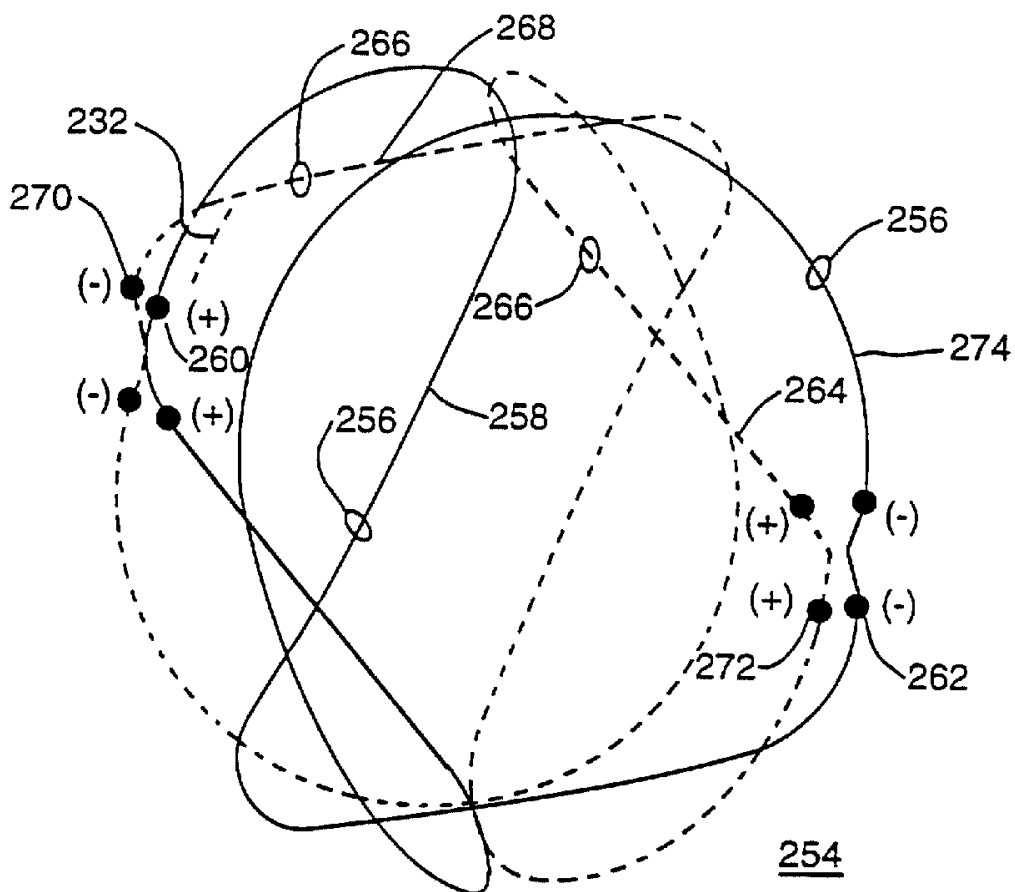
Фиг.68



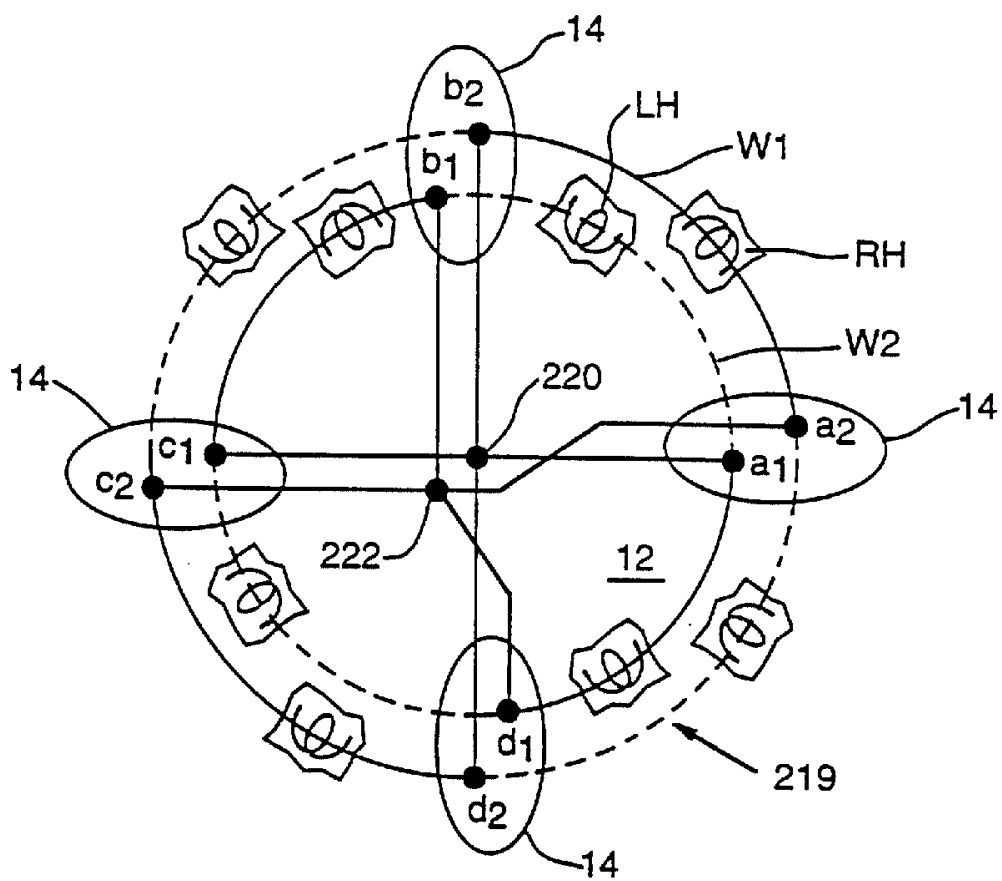
Фиг.69



Фиг.70



Фиг.71



Фиг.72