



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21), (22) Заявка: 2008122449/09, 05.06.2008

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
05.06.2008(30) Конвенционный приоритет:  
06.06.2007 DE 102007026431.5

(43) Дата публикации заявки: 10.12.2009

(45) Опубликовано: 10.08.2010 Бюл. № 22

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: DE 4403340 A1, 10.08.1995. RU 2125757 C1,  
27.01.1999. DE 4436156 C1, 21.03.1996. EP  
0951110 A2, 20.10.1999.

Адрес для переписки:  
101000, Москва, М.Златоустинский пер., 10,  
кв.15, "ЕВРОМАРКПАТ", пат.пов.  
И.А.Веселицкой, рег. № 11

(72) Автор(ы):

**ФИШЕР Франц (DE),  
ШТАДЛЕР Кристиан (DE)**

(73) Патентообладатель(и):

**ШПИННЕР ГМБХ (DE)**

**(54) ВЫСОКОЧАСТОТНОЕ ВРАЩАЮЩЕЕСЯ СОЕДИНЕНИЕ С ЧЕТВЕРТЬВОЛНОВОЙ ЛИНИЕЙ МЕЖДУ СТАТОРОМ И РОТОРОМ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к высокочастотному вращающемуся соединению, включающему в себя статор (1), который посредством, по меньшей мере, одной четвертьволновой линии связан для передачи высокочастотных колебаний, по меньшей мере, с одним ротором (2) и, по меньшей мере, частично охватывает его. Ротор (2) бесконтактно установлен посредством, по меньшей мере, одного радиального аэростатного подшипника и, по меньшей мере,

одного упорного аэростатного подшипника статора (1). Аэростатные подшипники расположены за пределами высокочастотной камеры. Радиальный аэростатный подшипник образован боковой поверхностью полого цилиндрического участка статора, снабженной радиальными отверстиями для прохода воздуха, и окружной поверхностью цилиндрического участка ротора. Техническим результатом является значительно улучшенные рабочие характеристики и упрощение обслуживания. 13 з.п. ф-лы, 8 ил.





FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,  
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.  
*H01P 1/06* (2006.01)

**(12) ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: **2008122449/09, 05.06.2008**

(24) Effective date for property rights:  
**05.06.2008**

(30) Priority:  
**06.06.2007 DE 102007026431.5**

(43) Application published: **10.12.2009**

(45) Date of publication: **10.08.2010 Bull. 22**

Mail address:  
**101000, Moskva, M.Zlatoustinskij per., 10, kv.15,  
"EVROMARKPAT", pat.pov. I.A.Veselitskoj, reg.  
№ 11**

(72) Inventor(s):  
**FISHER Frants (DE),  
ShTADLER Kristian (DE)**

(73) Proprietor(s):  
**ShPINNER GMBKh (DE)**

**(54) HIGH-FREQUENCY ROTATION CONNECTION WITH QUARTER-WAVE CIRCUIT BETWEEN STATOR AND ROTOR**

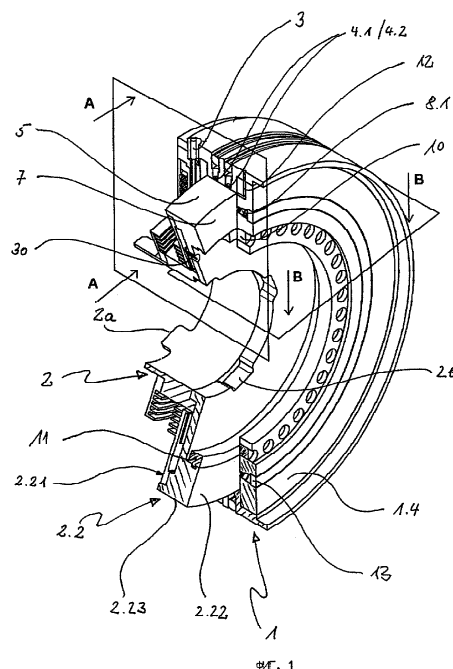
(57) Abstract:

FIELD: engines and pumps.

SUBSTANCE: high-frequency rotary connection comprises stator 1 connected by at least one quarter-wave circuit to transmit HF oscillations with at least one rotor 2 and at least partially embraces the latter. Rotor 2 runs in radial in air bearing and at least one thrust air bearing of stator 1. Said air bearings are arranged outside of high-frequency chamber. Radial air bearing is formed by side surface of the stator hollow cylindrical section furnished with radial air passage holes and rotor cylindrical section circular surface.

EFFECT: improved operating performances, ease of servicing.

14 cl, 8 dwg



RU 2 3 9 6 6 4 3 C 2

RU 2 3 9 6 6 4 3 C 2

Настоящее изобретение относится к высокочастотному вращающему соединению, включающему в себя статор, который посредством по меньшей мере одной четвертьволновой линии связан для передачи высокочастотных колебаний по меньшей мере с одним ротором.

Высокочастотные вращающиеся (поворотные) соединения вышеуказанного типа могут выполняться одно- или многоканальными и применяться в технике как коаксиальных, так и волноводных линий передачи. Из публикации DE-A-10037747 известно устройство для широкополосной передачи электрических сигналов по меньшей мере между двумя поворачивающимися относительно друг друга компонентами. Пространство между соединяемыми поверхностями заполнено диэлектриком, который может представлять собой газовую пленку, что позволяет выдерживать очень малое расстояние между соединяемыми поверхностями.

Коаксиальная, многоканальная конструкция вращающегося соединения известна из публикации EP-B-0951110. Ротор или роторы вращающегося соединения установлены в подшипниках качения, часто тонкокольцевых в интересах компактности и малого веса. Эти подшипники как в механическом, так и в электрическом отношении или в отношении высокочастотной техники являются самой проблематичной составной частью каждого вращающегося соединения. Поскольку ротор и подшипники качения выполнены из различных материалов (в большинстве случаев из алюминия и стали), вследствие различного теплового расширения этих материалов в зависимости от температуры возникают повышенное трение или увеличенный зазор. Повышенное трение регулярно приводит к повреждению подшипников, увеличенный зазор - к изменению качества передачи электрических сигналов. Другими недостатками являются утечка смазочного материала при высоких температурах, низкая стойкость к коррозии подшипников качения и неудовлетворительная герметизация относительно высокочастотной камеры, в которой для повышения электрической прочности посредством предварительно осушенного воздуха создается повышенное внутреннее давление. Поэтому высокочастотные вращающиеся соединения требуют частого проведения дорогостоящих и трудоемких профилактических работ, включая новую настройку электрических параметров после каждой профилактики. В эти периоды вся высокочастотная система, составной частью которой является вращающееся соединение, например гражданская или военная радиолокационная система, не функционирует.

Задача изобретения состоит в том, чтобы предложить по меньшей мере практически не требующее обслуживания вращающееся соединение с большим сроком службы.

Эта задача решается изобретением за счет того, что ротор установлен в статоре бесконтактно посредством по меньшей мере одного радиального аэростатического подшипника и по меньшей мере одного упорного аэростатического подшипника.

Аэростатические подшипники (в общем случае - подшипники с воздушной смазкой или воздушные подшипники) в принципе известны. Для предлагаемого высокочастотного вращающегося соединения особенно пригодны аэростатические подшипники, у которых воздух нагнетается в зазор между подвижными относительно друг друга деталями через большое число микроотверстий, как это известно из публикаций DE-A-4403340 и DE-C-4436156.

Благодаря отсутствию подшипников качения устраняются и обусловленные ими недостатки, а именно проблематичная температурная характеристика, зависящая от температуры колебания вязкости смазочного материала, радиальное биение,

изменения крутящего момента привода. При одинаковом материале статора и ротора, как правило, легком сплаве, также теряет актуальность проблема различий теплового расширения этого материала и материала подшипников, обычно стали, поэтому зазор аэростатического подшипника между статором и ротором, а следовательно, и  
5 качество высокочастотной передачи остаются практически постоянными. При работе высокочастотной камеры под избыточным давлением, как правило, очень узкий зазор аэростатического подшипника может служить как уплотнительный зазор. Крутящий момент для приведения ротора во вращения невелик и, прежде всего, постоянен в  
10 широком диапазоне температур. По всем этим причинам высокочастотное вращающееся соединение практически не требует обслуживания.

Бесконтактная передача сигналов между ротором или роторами и статором может осуществляться по вытянутым или сложенным четвертьволновым линиям.

Аэростатические подшипники могут быть расположены за пределами  
15 высокочастотной камеры. В этом случае существующая конструкция высокочастотной связи между статором и ротором может оставаться, по меньшей мере практически, неизменной.

Вместе с тем узкий и постоянный воздушный зазор шириной около 30 мкм,  
20 предпочтительно меньше 15 мкм, позволяет располагать аэростатические подшипники также внутри высокочастотной камеры. В этом случае воздух, проходящий через аэростатический подшипник, одновременно служит для охлаждения деталей, связанных для передачи высокочастотных колебаний (сигналов) и заметно нагревающихся в зависимости от передаваемой мощности. Кроме того, малая и  
25 постоянная ширина зазора значительно улучшает коэффициент стоячей волны по напряжению (КСВН) во всей полезной полосе частот соединения.

Радиальный аэростатический подшипник может быть образован боковой  
30 поверхностью полого цилиндрического участка статора, снабженной радиальными отверстиями для прохода воздуха, и окружной поверхностью цилиндрического участка ротора. Радиальные отверстия для прохода воздуха в статоре лучше всего распределять как по окружности, так и по осевой длине полого цилиндрического участка статора.

Радиальные отверстия для прохода воздуха могут иметь диаметр от 10 до 100 мкм и  
35 очень небольшую осевую длину. Для создания устойчивой воздушной подушки эти отверстия для прохода воздуха сообщаются по меньшей мере с одним кольцевым каналом в статоре, соединенным с источником сжатого воздуха.

Аналогичным образом упорный аэростатический подшипник может быть  
40 образован кольцевой поверхностью статора, снабженной осевыми отверстиями для прохода воздуха, и кольцевой поверхностью на торце ротора. В частности, во вращающемся соединении большой конструктивной длины ротор может быть установлен в двух таких упорных аэростатических подшипниках, расположенных на расстоянии друг от друга в осевом направлении. В случае кольцевых поверхностей  
45 ротора речь может идти о его соответствующих торцах.

Осевые отверстия для прохода воздуха на кольцевой поверхности статора также могут быть распределены как по окружности, так и по радиусу кольцевой поверхности.

Как и радиальные, осевые отверстия для прохода воздуха могут сообщаться по  
50 меньшей мере с одним кольцевым каналом в статоре, соединенным с источником сжатого воздуха. Один и тот же источник сжатого воздуха может питать как радиальные, так и осевые отверстия для прохода воздуха.

Особенно предпочтителен, прежде всего для поворотных муфт малой конструктивной длины, вариант исполнения, в котором ротор имеет по меньшей мере один кольцевой участок из магнитомягкого материала, а статор в зоне упорного

аэростатического подшипника содержит средства для магнитного притяжения ротора. Для этого варианта исполнения достаточно одного упорного аэростатического подшипника, так как в зазоре радиального аэростатического подшипника устанавливается равновесие сил между реакцией воздушной подушки и силами магнитного притяжения между статором и ротором.

В усовершенствованном варианте этого исполнения кольцевой участок ротора может быть выполнен из магнитомягкого материала, а остальной ротор - из мягкого сплава. В частности, в этом исполнении предпочтительно, чтобы и статор был выполнен из легкого сплава, так как это дает в целом значительную экономию в весе.

Чтобы учесть различие коэффициентов теплового расширения материала ротора и магнитомягкого материала кольца, последнее по меньшей мере в одном месте своей окружности разделено в радиальном направлении и сопряжено с ротором с возможностью скольжения по нему в окружном направлении.

В качестве средств магнитного притяжения целесообразно использовать постоянные магниты, равномерно распределенные по окружности статора и поляризованные в осевом направлении.

По меньшей мере обращенные к ротору поверхности полюсов постоянных магнитов могут быть магнитно связаны между собой кольцом распределения поля, чтобы сделать силу притяжения между ротором и статором, противодействующую реакции воздушной подушки в зазоре подшипника, более равномерной в окружном направлении.

По меньшей мере четвертьволновая линия, связывающая для передачи высокочастотных колебаний статор с ротором, может располагаться радиально и может быть сложена для уменьшения диаметра соединения.

Дальнейшее уменьшение диаметра за счет увеличения длины высокочастотного вращающегося соединения достигается, если вместо этого использовать осевое расположение четвертьволновой линии.

Компромисс между длиной и диаметром вращающегося соединения состоит в использовании расположенной по оси, но сложенной четвертьволновой линии.

Краткое описание чертежей

Два примера исполнения высокочастотного вращающегося соединения, предлагаемого в изобретении, поясняются чертежами, где в схематически упрощенном виде показаны:

на фиг.1 - вид в перспективе и частичном разрезе статора и ротора в первом варианте исполнения соединения;

на фиг.2 - частичный продольный разрез по линии А-А статора и ротора на фиг.1;

на фиг.3 - увеличенный фрагмент вида в разрезе по линии В-В статора и ротора на фиг.1;

на фиг.3а - еще более увеличенный фрагмент фиг.3;

на фиг.4 - увеличенный вид в разрезе по линии С-С статора и ротора на фиг.2;

на фиг.5 - вид в перспективе и частичном разрезе статора и ротора во втором варианте исполнения соединения;

на фиг.6 - частичный продольный разрез по линии D-D статора и ротора на фиг.5;

на фиг.7 - увеличенный фрагмент вида в разрезе по линии E-E статора и ротора на фиг.5.

## Осуществление изобретения

На всех чертежах показаны только необходимые для понимания изобретения детали высокочастотного вращающегося соединения.

5 В варианте осуществления изобретения, показанном на фиг.1-4, ротор 2 установлен в статоре 1 посредством радиального аэростатического подшипника и упорного аэростатического подшипника. Как показано на фиг.1, ротор 2 имеет соединительные выступы 2а и соединительные впадины 2б для соединения с не показанным на чертеже вращательным приводом и, например, с радиолокационной антенной.

10 С точки зрения высокочастотной техники статор 1 образует внешний проводник для коаксиального соединения с внутренним проводником 3. Статор 1 двумя радиальными, сложенными четвертьволновыми линиями известным способом соединен с ротором 2 без гальванического контакта. Ротор 2 в одном месте своей окружности имеет коаксиальное подключение для соединения с внутренним  
15 проводником 30 для съема или ввода высокочастотных сигналов.

Ротор 2 имеет фланцевое кольцо 2.2. Фланцевое кольцо 2.2 входит в полый цилиндрический участок статора 1 и имеет кольцевую торцовую поверхность 2.21, противоположную ей кольцевую торцовую поверхность 2.22 и цилиндрическую  
20 окружную поверхность 2.23. Цилиндрическая окружная поверхность 2.23 вместе с боковой поверхностью 1.1 полого цилиндрического участка статора 1 ограничивает радиальный аэростатический подшипник. Как показано в увеличенном масштабе на фиг.3, в боковой поверхности 1.1 полого цилиндрического участка статора  
25 предусмотрены радиальные отверстия 4.1 и 4.2 для прохода воздуха, имеющие диаметр от 60 до 80 мкм и соединенные с вращающимися кольцевыми каналами 5.1 и 5.2, которые в свою очередь сообщаются с общим патрубком 6, по которому сжатый воздух подается от не показанного здесь источника. Кольцевые каналы 5.1 и 5.2  
30 снаружи закрыты уплотнительными кольцами 7 круглого сечения или аналогичными уплотнениями.

Радиальные отверстия 4.1 и 4.2 для прохода воздуха согласно фиг.4 равномерно распределены по окружности боковой поверхности 1.1 полого цилиндрического участка статора 1. Однако в определенных расчетных вариантах нагрузки может  
35 оказаться более предпочтительным неравномерное распределение отверстий для прохода воздуха.

В зависимости от толщины фланцевого кольца 2.2 в осевом направлении можно вместо двух параллельных рядов радиальных отверстий 4.1 и 4.2 для прохода воздуха  
40 предусмотреть только один ряд или более двух параллельных рядов таких радиальных отверстий для прохода воздуха.

При вдувании сжатого воздуха через патрубок 6 между окружной поверхностью 2.23 фланцевого кольца 2.2 и боковой поверхностью 1.1 полого цилиндрического участка статора устанавливается по существу постоянный по  
45 окружности зазор радиального аэростатического подшипника шириной порядка 10-20 мкм.

Противоположные кольцевым торцовым поверхностям 2.21 и 2.22 кольцевые поверхности 1.2 и 1.3 полого цилиндрического участка статора 1 расположены на  
50 таком расстоянии друг от друга, чтобы между этими кольцевыми поверхностями и сопряженными поверхностями 2.21 и 2.22 по окружности оставался кольцевой зазор. Кольцевая торцовая поверхность 2.22 фланцевого кольца 2.2 ротора 2 вместе с противоположной кольцевой поверхностью 1.3 ограничивает в крышке 1.4 подшипника статора 1 упорный аэростатический подшипник. Для этого в кольцевой

поверхности 1.3 предусмотрены осевые отверстия 8.1 для прохода воздуха согласно фиг.3, которые в данном случае равномерно распределены по окружности. Осевые отверстия 8.1 для прохода воздуха аналогично радиальным отверстиям 4.1 и 4.2 для прохода воздуха снабжаются сжатым воздухом из общего кольцевого канала 9.

5 Кольцевой канал 9 снаружи закрыт кольцом 13 и сообщается с тем же патрубком 6 для сжатого воздуха, что и кольцевые каналы 5.1 и 5.2. Как и в случае радиального аэростатического подшипника, этот упорный аэростатический подшипник может содержать больше одного ряда отверстий для прохода воздуха. В определенных  
10 вариантах расчетных нагрузок эти отверстия могут быть также неравномерно распределены по окружности.

Воздух, нагнетаемый через осевые отверстия 8.1 для прохода воздуха в зазор аэростатического подшипника, стремится переместить ротор 2 в осевом направлении. Этому перемещению противодействует набор равномерно распределенных по  
15 окружности крышки 1.4 статора 1 постоянных магнитов 10, намагниченных в осевом направлении и своей обращенной к ротору 2 поверхностью полюсов расположенных по существу заподлицо с кольцевой поверхностью 1.3 крышки 1.4 подшипника статора 1. Постоянные магниты 10 воздействуют на стальное кольцо 11, являющееся  
20 частью ротора 2, своим кольцевым пояском 11.1 входящее в расположенный по окружности фланцевого кольца паз 2.24 и соединенное геометрическим замыканием с фланцевым кольцом 2.2. Для компенсации различия в тепловом расширении материала ротора, который, в частности, может представлять собой легкий сплав, и  
25 стального кольца 11 его кольцевой пояс 11.1 свободно подвижен в проходящем по окружности пазу 2.24 и, как видно на фиг.2, разделен в одном месте своей окружности. Без стального кольца 11 можно обойтись, если сам ротор 2 или по меньшей мере его фланцевое кольцо 2.2 выполнены из ферромагнитного материала.

На фиг.3а показан увеличенный фрагмент фиг.3, чтобы продемонстрировать  
30 утрированно увеличенную ширину зазора подшипников, а именно зазора радиального аэростатического подшипника 20 и зазора упорного аэростатического подшипника 31.

Воздух, выходящий из зазора радиального аэростатического подшипника 20 и зазора упорного аэростатического подшипника 31, отводится по общему выпускному  
35 каналу 12 (см. фиг.2).

На фиг.5-7 показан второй вариант исполнения высокочастотного вращающегося соединения.

Одинаковые детали имеют те же цифровые обозначения, что и на фиг.1-4, перед  
40 обозначениями деталей, имеющих соответствующее функциональное назначение, стоит цифра "5".

Второй вариант исполнения отличается от первого, с одной стороны, тем, что ротор 52 бесконтактно соединен со статором 51 не сложенной в радиальном направлении четвертьволновой линией, а прямой осевой четвертьволновой линией, и  
45 что, с другой стороны, радиальное фланцевое кольцо 52.2 ротора 52 здесь обеими сторонами установлено в аэростатические подшипники. Радиальный аэростатический подшипник с зазором 20 имеет ту же конструкцию, что и в варианте исполнения согласно фиг.1-4. Вторым (левым) упорным аэростатическим подшипником с зазором 32  
50 выполнен по существу зеркально-симметричным первому (правому) упорному аэростатическому подшипнику, который в свою очередь соответствует упорному аэростатическому подшипнику в варианте, показанном на фиг.1-4. Для второго упорного аэростатического подшипника предусмотрен еще один выпускной канал 513.

Хотя соединение в варианте исполнения по фиг.5-7 имеет большую конструктивную длину в осевом направлении, чем в варианте исполнения по фиг.1-4, но оно имеет меньший диаметр и, прежде всего, обходится без постоянных магнитов и соответствующей сопряженной детали в роторе.

#### Формула изобретения

1. Высокочастотное вращающееся соединение, включающее в себя статор (1; 51), который посредством по меньшей мере одной четвертьволновой линии связан для передачи высокочастотных колебаний по меньшей мере с одним ротором (2; 52) и по меньшей мере частично охватывает его, отличающееся тем, что ротор (2; 52) в статоре (1; 51) бесконтактно установлен посредством по меньшей мере одного радиального аэростатического подшипника (20) и по меньшей мере одного упорного аэростатического подшипника (31, 32).

2. Высокочастотное вращающееся соединение по п.1, отличающееся тем, что аэростатические подшипники (20, 31, 32) расположены за пределами высокочастотной камеры.

3. Высокочастотное вращающееся соединение по п.1 или 2, отличающееся тем, что радиальный аэростатический подшипник (20) образован боковой поверхностью (1.1) полого цилиндрического участка статора (1), снабженной радиальными отверстиями (4.1, 4.2) для прохода воздуха, и окружной поверхностью (2.23) цилиндрического участка (2.2) ротора (2).

4. Высокочастотное вращающееся соединение по п.3, отличающееся тем, что радиальные отверстия (4.1, 4.2) для прохода воздуха в боковой поверхности (1.1) полого цилиндрического участка статора (1) распределены как по окружности, так и по осевой длине полого цилиндрического участка.

5. Высокочастотное вращающееся соединение по п.3, отличающееся тем, что радиальные отверстия (4.1, 4.2) для прохода воздуха сообщаются по меньшей мере с одним кольцевым каналом (5.1, 5.2) в статоре (1), соединенным с источником сжатого воздуха.

6. Высокочастотное вращающееся соединение по п.1 или 2, отличающееся тем, что упорный аэростатический подшипник включает в себя кольцевую поверхность (1.3) статора (1), снабженную осевыми отверстиями для прохода воздуха, и кольцевую торцевую поверхность (2.22) на торце ротора (2).

7. Высокочастотное вращающееся соединение по п.6, отличающееся тем, что осевые отверстия (8.1) для прохода воздуха в кольцевой поверхности (1.3) статора (1) распределены как по окружности, так и по радиусу кольцевой поверхности (1.3).

8. Высокочастотное вращающееся соединение по п.6, отличающееся тем, что осевые отверстия (8.1) для прохода воздуха сообщаются по меньшей мере с одним соединенным с источником сжатого воздуха кольцевым каналом (9) в статоре (1).

9. Высокочастотное вращающееся соединение по п.1 или 2, отличающееся тем, что ротор (2) включает в себя по меньшей мере один кольцевой участок (11) из магнитомягкого материала, а статор (1) в зоне упорного аэростатического подшипника снабжен средствами (10) для магнитного притяжения ротора.

10. Высокочастотное вращающееся соединение по п.9, отличающееся тем, что участок ротора (2), выполненный из магнитомягкого материала, представляет собой магнитомягкое кольцо (11), а остальная часть ротора (2) выполнена из легкого сплава.

11. Высокочастотное вращающееся соединение по п.10, отличающееся тем, что магнитомягкое кольцо (11) по меньшей мере в одном месте своей окружности

разделено в радиальном направлении и сопряжено с ротором (2) с возможностью скольжения по нему в окружном направлении.

5 12. Высокочастотное вращающееся соединение по п.9, отличающееся тем, что средства магнитного притяжения представляют собой заделанные в статор (1) постоянные магниты (10), поляризованные в осевом направлении и равномерно распределенные по окружности статора (1).

10 13. Высокочастотное вращающееся соединение по п.12, отличающееся тем, что по меньшей мере обращенные к ротору (2) поверхности полюсов постоянных магнитов (10) магнитно связаны между собой кольцом распределения поля.

14. Высокочастотное вращающееся соединение по п.1 или 2, отличающееся тем, что четвертьволновая линия, которая связывает статор (1) с ротором (2) для передачи высокочастотных колебаний, сложена в радиальном или осевом направлении.

15

20

25

30

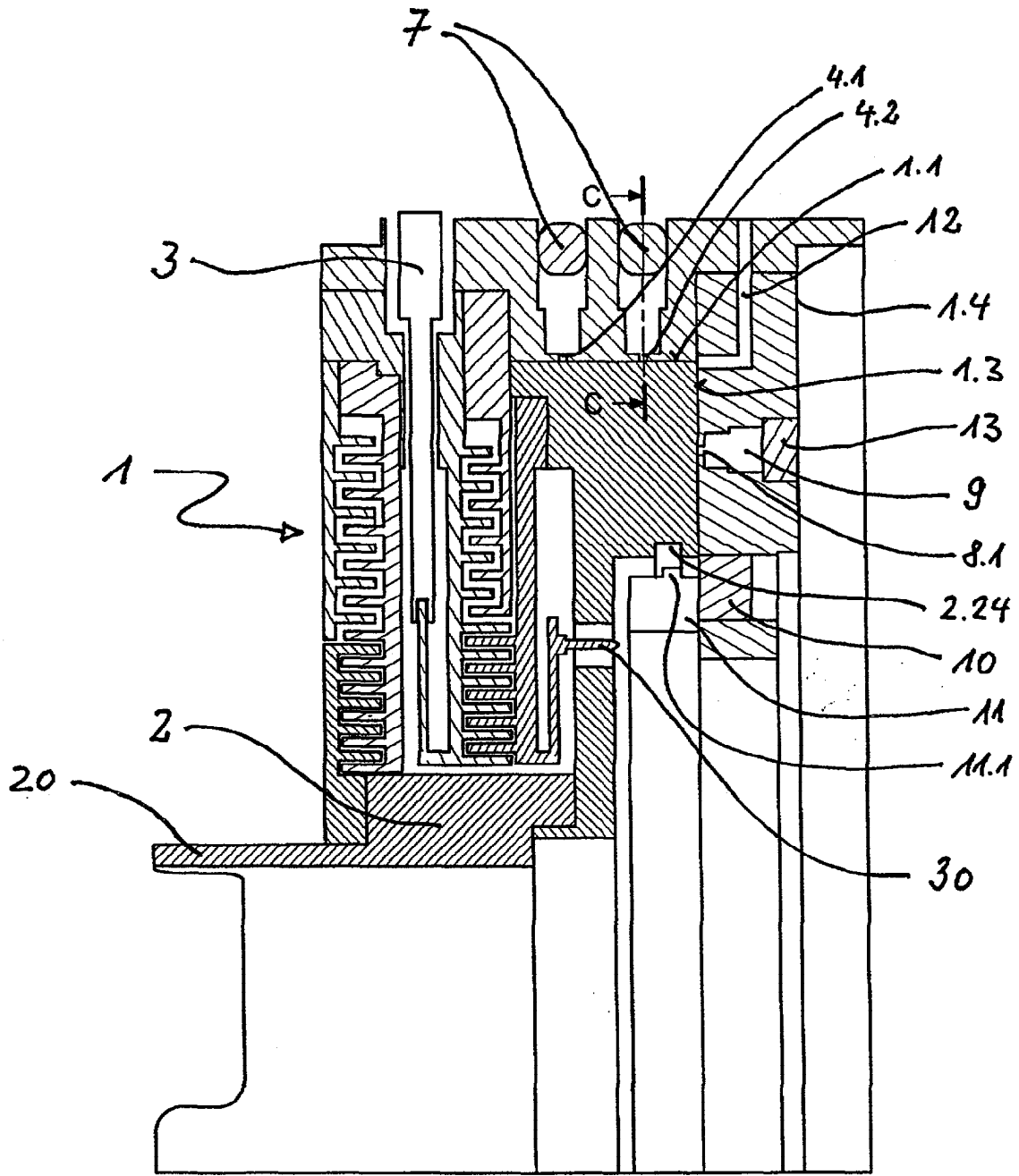
35

40

45

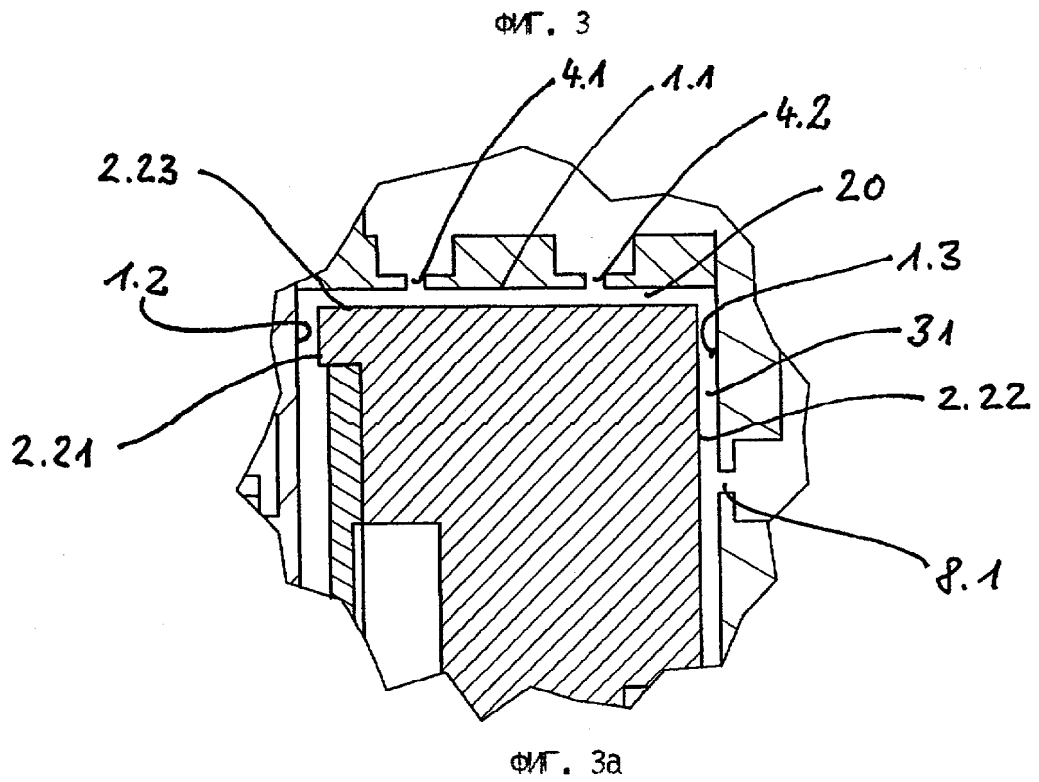
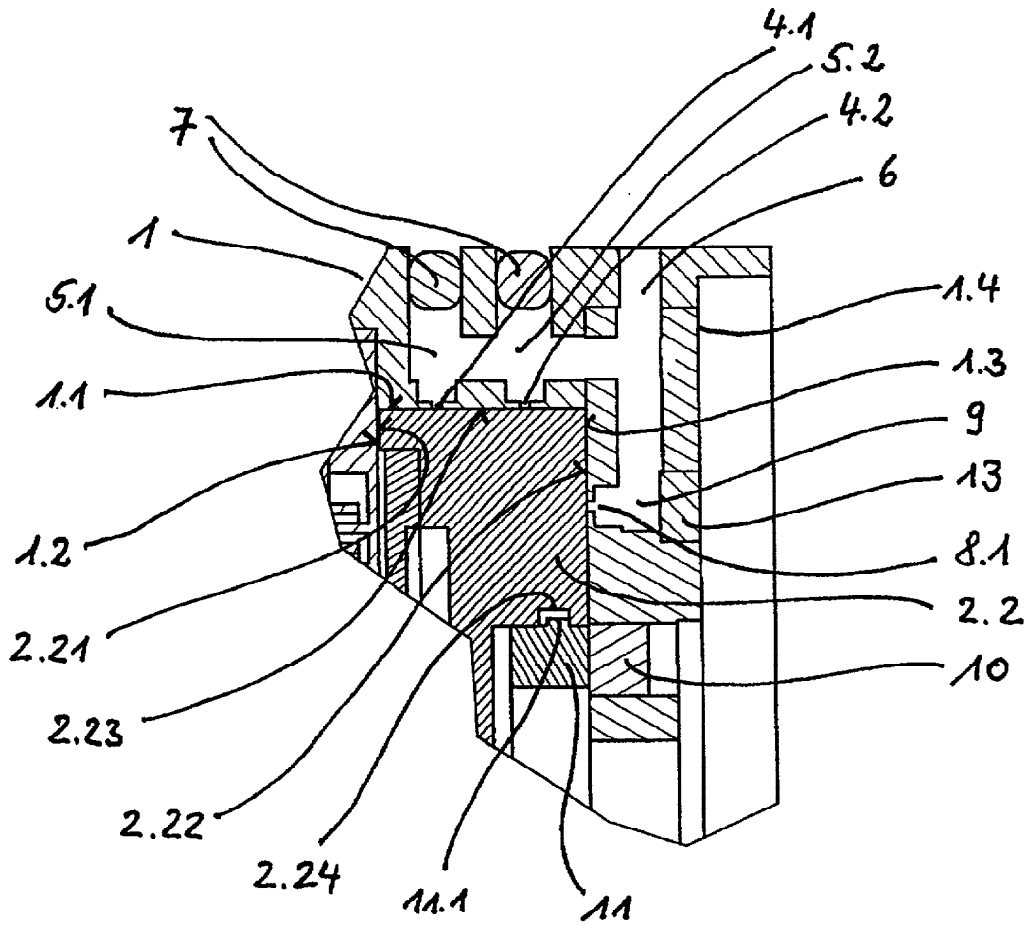
50

A-A

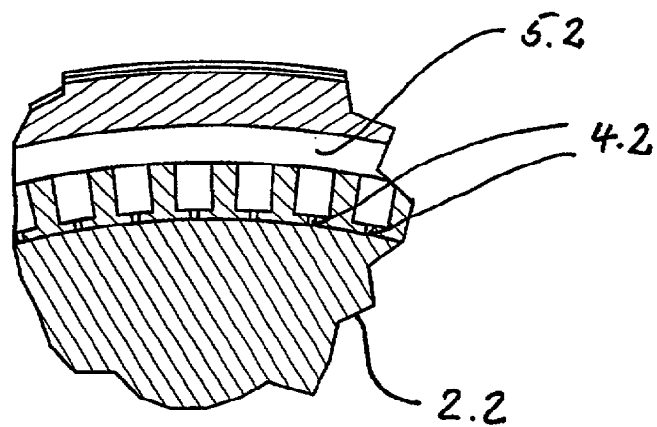


Фиг. 2

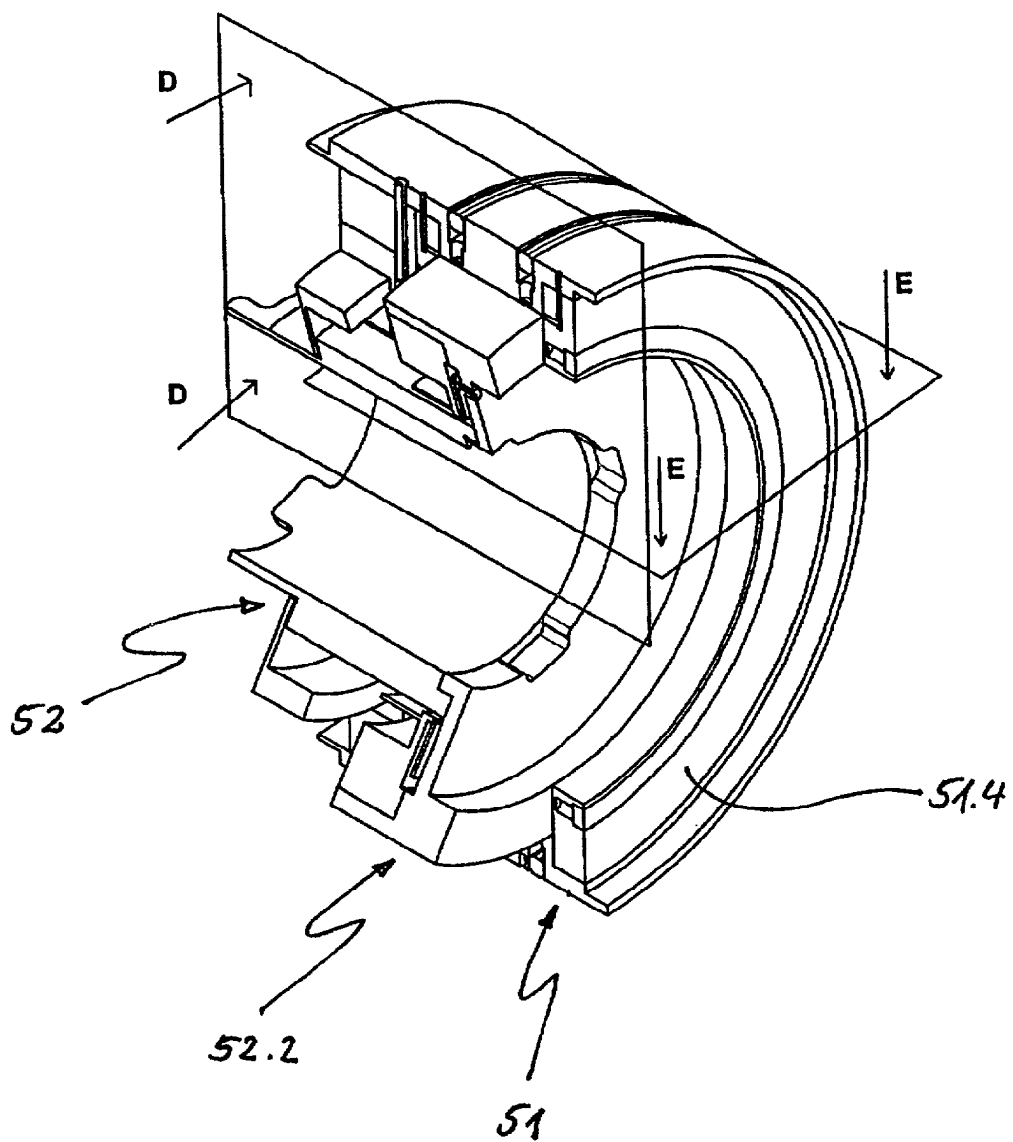
B-B



C-C

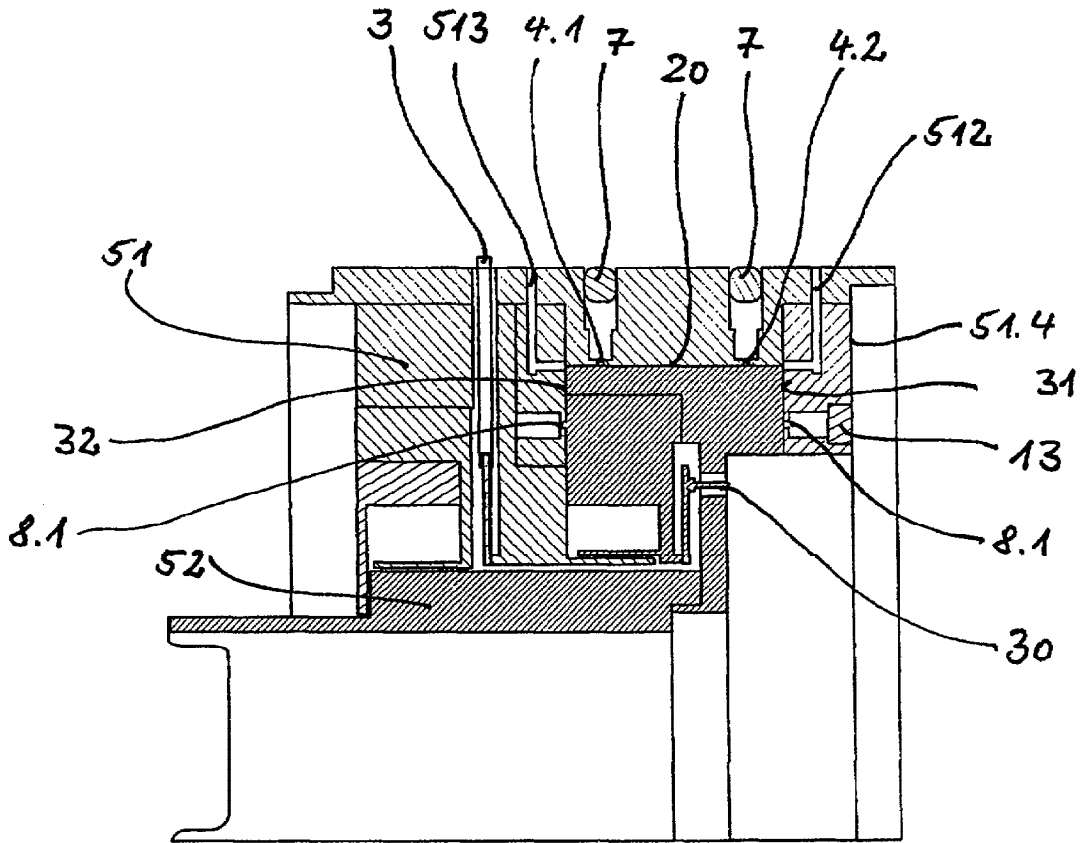


Фиг. 4



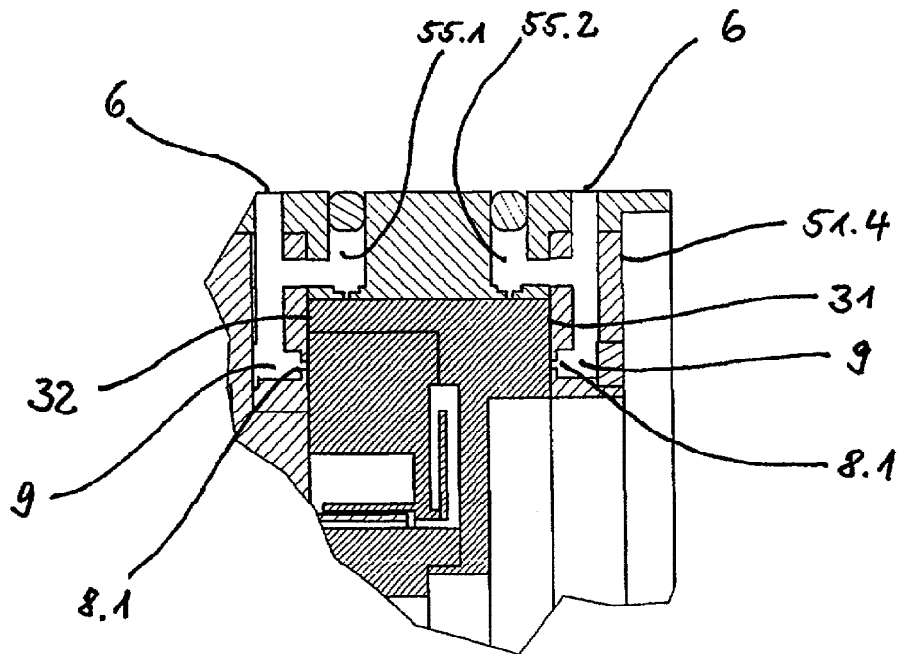
Фиг. 5

D-D



Фиг. 6

E-E



Фиг. 7