

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(21) **202290798** (13) **A1**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ**

(43) Дата публикации заявки  
**2022.06.01**

(51) Int. Cl. **H02K 21/02** (2006.01)  
**H02K 1/00** (2006.01)  
**H02K 21/00** (2006.01)

(22) Дата подачи заявки  
**2021.07.22**

**(54) ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ДВИГАТЕЛЬ**

(31) **16/941,477**

(32) **2020.07.28**

(33) **US**

(86) **PCT/US2021/042859**

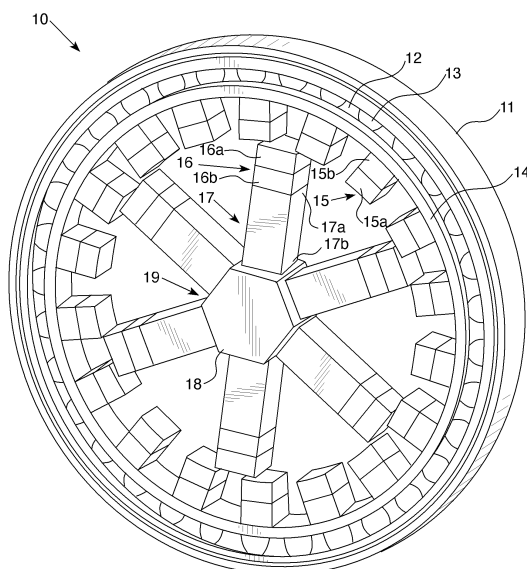
(87) **WO 2022/055620 2022.03.17**

(71) Заявитель:  
**ТАУРУС ТЕКНОЛОДЖИЗ  
ЭЛЕКТРИК ИНК. (US)**

(72) Изобретатель:  
**Магнуссон Стефан, Магнуссон Марта  
(CA)**

(74) Представитель:  
**Медведев В.Н. (RU)**

(57) Раскрыт бесщеточный электродвигатель. Группа постоянных магнитов физически прикреплена к группе пьезоэлектрических приводов, которые толкают их к или оттягивают от второй группы постоянных магнитов, когда пьезоэлектрические приводы электрически активированы. Вторую группу постоянных магнитов также может толкать и оттягивать вторая группа пьезоэлектрических приводов. Также раскрыты альтернативные конфигурации с использованием электромагнитов. Также раскрыта новая конфигурация для групп электромагнитов, которая максимизирует КПД в двигателе с пьезоэлектрическим приводом.



**A1**

**202290798**

**202290798**

**A1**

## ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

2420-573700EA/032

### ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ДВИГАТЕЛЬ

Настоящее изобретение относится к новому типу бесщеточного электродвигателя, в котором используются пьезоэлектрические элементы, толкающие постоянные магниты или электромагниты друг к другу или оттягивающие их друг от друга для создания вращательной силы, обеспечивая высокие величины крутящего момента с высокой эффективностью. Новые конфигурации постоянных магнитов позволяют двигателю в сборе обеспечивать высокие величины крутящего момента, оставаясь стабильным при нагрузке и в течение длительного времени работы.

#### ИСПРАШИВАНИЕ ПРИОРИТЕТА

Настоящая заявка испрашивает приоритет заявки, поданной в Ведомство по патентам и товарным знакам США 28 июля 2020 г. под названием «PIEZOELECTRIC MOTOR» с серийным номером US 16/941477, имеющей по меньшей мере одного общего изобретателя и преемственность как раскрытия, так и заявленного изобретения. Данная заявка включена в настоящий документ посредством ссылки.

#### ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Настоящее изобретение относится к бесщеточным электродвигателям. Электродвигатели хорошо известны в данной области техники: «бесщеточный» тип электродвигателя появился во второй половине 20 века и в нем используется твердотельная электроника для замены физического коллектора (переключателя полярности), который позволял функционировать электродвигателям щеточного типа. В обоих типах электродвигателей используются электромагниты, у которых периодически меняется полярность, вследствие чего они попеременно толкают и тянут (или, в зависимости от типа двигателя, делают только одно или другое) вращающийся магнитный элемент (называемый *ротором*), оставаясь при этом в неподвижном положении относительно вращающегося механизма (элементы, которые не двигаются, называются *статором*).

Несмотря на то, что бесщеточные двигатели во многих отношениях являются значительным улучшением, поскольку они имеют меньшую нагрузку от сил трения и меньшее количество механических частей, они имеют много недостатков. Постоянное реверсирование электромагнитов вызывает снижение электрического КПД, а обмотки электромагнитов могут подвергаться усталости и/или тепловому разрушению, что приводит к снижению КПД или прекращению работы двигателя. Хотя бесщеточные двигатели обычно более чем на 50% эффективны с точки зрения выработки механической энергии по сравнению с поступлением электрической энергии, они все же страдают от потери энергии из-за различных факторов, таких как нагрев проводов, сопротивление и т.д. Бесщеточные двигатели требуют наличия магнитов электромагнитного ротора и/или статора со сложной схемой намотки, которые являются дорогими и неэффективными в производстве. Электромагниты также довольно тяжелые и вносят вклад в паразитную

нагрузку и/или весовую неэффективность.

Бесщеточный электродвигатель, который не использует электромагниты и поэтому является более эффективным и экономичным в изготовлении, был бы полезным изобретением.

Бесщеточный электродвигатель, который не использует электромагниты и поэтому является более эффективным и экономичным по питанию, является полезным изобретением.

Бесщеточный электродвигатель, который не использует электромагниты и поэтому является более долговечным и надежным, был бы полезным изобретением.

Бесщеточный электродвигатель, который не использует электромагниты и поэтому легче, чем двигатель эквивалентной мощности, в котором используются электромагниты, был бы полезным изобретением.

Настоящее изобретение решает эти задачи.

### СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Среди многих задач настоящего изобретения - предоставление бесщеточного электродвигателя, использующего пьезоэлектрический импульс и постоянные магниты в качестве источника генерирования механической энергии из электрической энергии.

Другой задачей настоящего изобретения является предоставление бесщеточного электродвигателя, в котором не используются электромагниты, и который поэтому является более эффективным и экономичным в изготовлении.

Другой задачей настоящего изобретения является предоставление бесщеточного электродвигателя, в котором не используются электромагниты, и который поэтому является более эффективным и экономичным в работе.

Еще одной задачей настоящего изобретения является предоставление бесщеточного электродвигателя, в котором не используются электромагниты, и который поэтому является более долговечным и простым в обслуживании.

Еще одной задачей настоящего изобретения является предоставление бесщеточного электродвигателя, в котором не используются электромагниты, и который поэтому имеет меньший вес, чем традиционный бесщеточный электродвигатель эквивалентной мощности.

Другие преимущества и задачи настоящего изобретения станут понятны при ознакомлении с заявкой и раскрытиями в ней.

### КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ГРАФИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

На фиг. 1 изображен общий вид бесщеточного электродвигателя.

На фиг. 2 показан вид сверху первого альтернативного варианта осуществления бесщеточного электродвигателя.

На фиг. 3 показан общий вид с частичным разрезом первого альтернативного варианта осуществления бесщеточного электродвигателя.

На фиг. 4 показан детальный вид сопряженных элементов статора и ротора.

На фиг. 5 показан общий вид в разобранном состоянии первого альтернативного

варианта осуществления бесщеточного электродвигателя в сборе.

На фиг. 6 показан вид сверху второго альтернативного варианта осуществления бесщеточного электродвигателя.

На фиг. 7 показан общий вид в разобранном состоянии второго альтернативного бесщеточного электродвигателя в сборе.

На фиг. 7а показан альтернативный общий вид в разобранном состоянии второго альтернативного бесщеточного электродвигателя в сборе.

На фиг. 7b показан вид в разрезе второго альтернативного бесщеточного электродвигателя в сборе.

На фиг. 8 показан общий вид третьего альтернативного варианта осуществления бесщеточного электродвигателя.

На фиг. 9 показан общий вид в разрезе третьего альтернативного варианта осуществления бесщеточного электродвигателя.

### ОПИСАНИЕ ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНЫХ ВАРИАНТОВ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

Далее будет подробно описано несколько вариантов осуществления настоящего изобретения, которые показаны на сопроводительных графических материалах. Когда это возможно, на графических материалах и в описании используются одинаковые или подобные ссылочные позиции для обозначения одинаковых или подобных частей или этапов. Графические материалы представлены в упрощенном виде и не выполнены в точном масштабе. Только для удобства и ясности в отношении графических материалов могут быть использованы термины направления, такие как «верх», «низ», «левый», «правый», «вверх», «вниз», «над», «выше», «ниже», «под», «сзади» и «спереди». Эти и подобные термины направления не должны толковаться как ограничивающие объем настоящего изобретения каким-либо образом. Выражения «прикрепить», «соединить», «связать» и подобные термины с их формообразующими морфемами не обязательно обозначают прямые или промежуточные соединения, но могут также включать соединения через промежуточные элементы или устройства.

Следует отметить, что размеры и конфигурации предпочтительных вариантов осуществления, описанных на графических материалах, преувеличены для ясности раскрытия: в реальной практике допуски между элементами вариантов осуществления настоящего изобретения будут гораздо более точными. Особенностью настоящего изобретения является то, что оно допускает такие очень точные допуски.

В рамках настоящего изобретения пьезоэлектрические приводы описываются как «электрически подключенные» к источнику питания. Такое соединение может быть выполнено посредством физических проводников (проводов, проводящих дорожек РСВ (печатной платы), проводящих чернил и т.д.) или любым другим разумным способом, который позволяет источнику питания подавать энергию на пьезоэлектрические приводы и вызывать пьезоэлектрический эффект для изменения размеров пьезоэлектрических приводов. Это включает, без ограничения, электромагнитную индукцию или передачу по емкости. Необходимо, чтобы средства электрического соединения были способны

включать и выключать пьезоэлектрические приводы и/или подавать ток в одном направлении, а затем в другом направлении достаточно быстро, чтобы обеспечить работу двигателя, как будет ясно из приведенного ниже описания. В общем случае это будет называться временем «нарастания» - период времени, необходимый для включения пьезоэлектрического привода и/или питающего его конденсатора, и временем «спада» - период времени, необходимый для отключения пьезоэлектрического привода и/или питающего его конденсатора.

Для целей настоящей заявки двигателя, как правило, имеют группу компонентов, которая остается статичной относительно нагрузки, и вторую группу компонентов, которая будет двигаться относительно первой группы компонентов. Первая группа компонентов будет называться статором в сборе, а вторая группа - ротором в сборе. Добавление к обозначению компонента слова «ротор» или «статор» указывает, к какой группе компонентов он относится в описываемом варианте осуществления/конфигурации. Пьезоэлектрические приводы в статоре в сборе являются пьезоэлектрическими приводами статора (или просто приводами статора), а магниты, прикрепленные к пьезоэлектрическим приводам статора, являются магнитами статора, и наоборот в отношении ротора в сборе.

В то же время, для целей настоящей заявки магниты также могут быть описаны как относящиеся к одному или обоим из двух различных типов, независимо от того, являются ли они частью статора в сборе или ротора в сборе. Магниты привода - это магниты, к которым прикладывается сила, создаваемая пьезоэлектрическим приводом. Ответные магниты - это магниты, к которым прикладывается сила посредством взаимодействий магнитного поля с магнитами привода. Если только одна группа магнитов прикреплена к пьезоэлектрическим приводам, то это магниты привода, а остальные магниты в двигателе являются ответными магнитами. Если несколько групп магнитов прикреплены к пьезоэлектрическим приводам, то магниты, прикрепленные к пьезоэлектрическому приводу, на который подается питание, что заставляет его прикладывать силу к этим магнитам, являются магнитами привода, а магниты, которые не прикреплены таким образом или которые прикреплены к пьезоэлектрическому приводу, не получающему питание, являются ответными магнитами. В зависимости от конфигурации контроллера двигателя и подачи питания на пьезоэлектрические приводы любой магнит может быть магнитом привода, ответным магнитом или и тем, и другим в любой момент времени. Магнит ротора или магнит статора может в любой момент времени быть магнитом привода, ответным магнитом или и тем, и другим.

Обратимся к **фиг. 1**, исходя из которой можно легко понять сущность настоящего изобретения. На **фиг. 1** изображен бесщеточный электродвигатель **10**. Внешний корпус **11** ротора окружает подшипник **12**, который свободно вращается на шариках **13**, которые несут нагрузку между двигателем и тем, на чем он установлен, и тем, что он приводит в движение. Внутренний элемент **14** ротора имеет несколько магнитов **15** ротора, имеющих северные полюса **15a** ротора и южные полюса **15b** ротора. Для магнитов **15** ротора может использоваться любой подходящий магнит, включая, без ограничения, редкоземельные

магниты, ферромагниты и/или керамические магниты, содержащие ферромагнитные и/или магнитные частицы из редкоземельных металлов. Также могут быть использованы электромагниты. Если используются электромагниты, то опционально, но не предпочтительно и не обязательно, чтобы они могли менять полярность при управлении твердотельным коллектором такого типа, как в традиционных бесщеточных электродвигателях.

Статор **19** в сборе состоит из центральной ступицы **18**, которая поддерживает множество пьезоэлектрических приводов **17** статора. Пьезоэлектрические приводы **17** статора имеют конец **17a** для крепления магнитов и конец **17b** для ступицы. Пьезоэлектрические приводы **17** статора подключены к импульсному источнику питания (не показан), который может подавать питание на пьезоэлектрические приводы статора на любой разумной частоте возбуждения. Когда на пьезоэлектрические приводы статора подается питание, они расширяются, используя принцип пьезоэлектрического расширения, также известный как пьезоэлектрический эффект, который хорошо известен специалистам в данной области техники. Пьезоэлектрические приводы **17** статора сконструированы таким образом, что их расширение происходит вдоль их длинных осей: другими словами, когда на пьезоэлектрические приводы статора подается питание, расстояние между концом **17b** для крепления магнитов и концом **17a** для ступицы увеличивается.

На концах **17b** для крепления магнитов установлены магниты **16** статора, имеющие северные полюса **16a** статора и южные полюса **16b** статора. Для магнитов **16** статора может использоваться любой подходящий магнит, включая, без ограничения, редкоземельные магниты, ферромагниты и/или керамические магниты, содержащие ферромагнитные и/или магнитные частицы из редкоземельных металлов. Также могут быть использованы электромагниты. Если используются электромагниты, то опционально, но не предпочтительно и не обязательно, чтобы они могли менять полярность при управлении твердотельным коллектором такого типа, как в традиционных бесщеточных электродвигателях.

Очень предпочтительно, чтобы магниты ротора и магниты статора имели одинаковые полюса (северный и северный или южный и южный) напротив друг друга в их ближайших точках (как показано), но при надлежащей конфигурации можно осуществить настоящее изобретение с магнитами ротора и магнитами статора, имеющими противоположные полюса (северный и южный или южный и северный) напротив друг друга. Если противоположные полюса находятся напротив друг друга, двигатель может потребовать внешнего иницирующего усилия и/или на пьезоэлектрические приводы статора должно быть подано питание в шахматном порядке. Если электромагниты с обратимой полярностью используются либо для магнитов ротора, либо для магнитов статора, либо для тех и других, вопрос о начальной полярности не имеет значения.

В предпочтительном варианте осуществления, изображенном на **фиг. 1**, настоящее изобретение готово к практической реализации. Магнитные силы от магнитов ротора и

магнитов статора находятся в точке равновесия, где магниты находятся в минимально возможном состоянии потенциальной энергии по отношению к магнитному отталкиванию между магнитами ротора и магнитами статора. Внутренний элемент **14** ротора будет оставаться в этой точке равновесия неограниченно долго, если к нему не будет добавлена энергия из какого-либо внешнего источника.

Для осуществления настоящего изобретения на пьезоэлектрические приводы **17** статора подается питание. Это приводит к увеличению расстояния между концом **17b** для ступицы и концом **17a** для крепления магнитов, в результате чего магнит **16** статора приближается к магниту **15** ротора. Это увеличивает магнитное отталкивание между магнитом ротора и магнитом статора, нарушая равновесие между ними. В показанной конфигурации может потребоваться приложить небольшую начальную силу вращения и/или последовательно подать питание на пьезоэлектрические приводы статора, чтобы асимметрично нарушить равновесие магнитных сил и обеспечить начало вращения.

Как только равновесие между магнитами ротора и магнитами статора будет нарушено, система будет обладать большей магнитной потенциальной энергией, чем раньше, что заставит магниты ротора оказывать силу на внутренний ротор **14**. Внутренний элемент **14** ротор может свободно вращаться, поэтому он будет вращаться в одном или другом направлении под действием баланса сил. Как будет показано на последующих фигурах, задание формы и ориентации магнитов ротора и/или магнитов статора позволяет выбрать предпочтительное направление вращения.

Импульсный источник питания управляется частотным регулятором (не показан), который заставляет его подавать питание и прекращать подачу питания на пьезоэлектрические приводы **17** статора с частотой, которая будет продолжать преобразовывать магнитную потенциальную энергию в энергию вращения и ускорять внутренний элемент **14** ротора во вращательном режиме. Предпочтительно, но не обязательно, чтобы датчики (не показаны) были функционально соединены с внутренним элементом ротора или иным образом могли определять его угловую скорость и сообщать ее частотному регулятору, чтобы частотный регулятор мог регулировать частоту возбуждения для увеличения или уменьшения силы, оказываемой магнитами статора на магниты ротора, и таким образом либо увеличивать скорость вращения (при постоянной нагрузке), либо увеличивать приложенный крутящий момент (при возрастающей нагрузке), либо и то, и другое.

При использовании таких датчиков настоящее изобретение также может быть использовано в качестве чрезвычайно точного шагового двигателя и/или датчика углового положения. Предпочтительно, но не обязательно, чтобы датчик, позволяющий получать абсолютные данные об угловом положении, также был включен в настоящее изобретение, если такое использование желательно. Это позволяет частотному регулятору знать, где находится внутренний элемент ротора в начале и в конце шагового цикла.

Хотя предпочтительный вариант осуществления описан как бесщеточный электродвигатель, который предназначен для преобразования электрического потенциала

от импульсного источника питания во вращательную энергию, специалистам в данной области техники будет очевидно, что поскольку пьезоэлектрический эффект работает в обоих направлениях - электрический потенциал может быть превращен в механическую силу, и механическая сила может быть превращена в электрический потенциал - предпочтительный вариант осуществления может также служить генератором электрической энергии, если внешняя нагрузка заставляет внутренний элемент ротора вращаться против магнитной силы, пытающейся удержать его в равновесии. Аналогично, предпочтительный вариант осуществления может также использоваться в качестве приводного двигателя, который также обеспечивает рекуперативное торможение путем переключения от подачи питания (в режиме привода) к отключению питания (в режиме рекуперативного торможения). Все альтернативные конфигурации/варианты осуществления/методы реализации, описанные в данном абзаце, применимы ко всем вариантам осуществления настоящего изобретения, раскрытым в настоящей заявке.

На **фиг. 2** показан первый альтернативный вариант осуществления бесщеточного электродвигателя. Первый альтернативный вариант осуществления бесщеточного электродвигателя работает так же, как и вариант на **фиг. 1**, за исключением случаев, когда указано иное. Он также содержит импульсный источник питания, частотный регулятор, и может содержать датчики и т.д.

Бесщеточный электродвигатель **20** содержит пьезоэлектрические приводы **27b** ротора, аналогичные пьезоэлектрическим приводам **17** статора на **фиг. 1**. Бесщеточный электродвигатель **20** также содержит пьезоэлектрические приводы **27a** статора. Не является ни предпочтительным, ни обязательным, чтобы любая из конфигураций применялась с одинарной (внутренней и внешней) группой пьезоэлектрических приводов или двойной (внутренней и внешней) группой пьезоэлектрических приводов: эти две конфигурации показаны для ясности раскрытия.

Когда на пьезоэлектрические приводы **27a** статора или пьезоэлектрические приводы **27b** ротора подается питание, магниты **25** ротора прижимаются к магнитам **26** статора, и, как на **фиг. 1**, магнитное отталкивание усиливается, создавая силу, действующую против пьезоэлектрических приводов ротора. Поскольку пьезоэлектрические приводы ротора прикреплены к внешнему корпусу **21**, который может свободно вращаться относительно ступицы **29** на подшипнике **52** (не указан, см. **фиг. 5**), который содержит дорожку **22**, содержащую шарики **23**, причем шарики **23** воспринимают нагрузку и позволяют вращаться вращающемуся центральному элементу **24** подшипника относительно неподвижного центрального элемента **28** подшипника.

В зависимости от желаемого метода работы пьезоэлектрические приводы статора могут быть активированы совместно с пьезоэлектрическими приводами ротора, или только одна или другая группа пьезоэлектрических приводов может быть активна в любой момент времени. Активация обеих групп одновременно может использоваться для увеличения крутящего момента/скорости вращения, в то время как активация только одной или другой группы может использоваться для более режимов с более низкой

мощностью. В качестве альтернативы одна группа пьезоэлектрических приводов может быть подключена для подачи входной мощности (привод двигателя), а другая - для приема выходной мощности (генерация/рекуперативное торможение). Группы пьезоэлектрических приводов также могут быть подключены таким образом, что некоторые из приводов в каждой группе предпочтительно используются для подачи входной мощности, а некоторые - для приема выходной мощности. Наконец, все или менее чем все пьезоэлектрические приводы в определенной группе могут быть активны в любой момент времени для подачи любого конкретного желаемого количества входной мощности или приема любого конкретного желаемого количества выходной мощности, что позволяет использовать дополнительные средства управления потоком мощности и/или снизить электрическую усталость отдельных компонентов при их циклическом включении и выключении.

На **фиг. 3** показан первый альтернативный вариант осуществления в частичном разрезе. Бесщеточный электродвигатель **20**, имеющий те же компоненты, что и на **фиг. 2**, окружен опорной пластиной **33** и корпусом **31**, а полый вал **32**, который функционально прикреплен к ступице **29** (см. **фиг. 2**) и/или вращающемуся центральному элементу **24** подшипника, позволяет либо передавать механическую энергию вращения (режим двигателя), либо подводить механическую энергию вращения (режим генерации/рекуперативного торможения).

На **фиг. 4** подробно показана пара противоположных пьезоэлектрических приводов и соответствующие им магниты. Пьезоэлектрический привод **27b** статора прикреплен к магниту **25** статора, который имеет северный полюс **25a** статора и южный полюс **25b** статора. Пьезоэлектрический привод **27a** ротора прикреплен к магниту **26** ротора, который имеет северный полюс **26a** ротора и южный полюс **27a** ротора. Предпочтительно, но не обязательно, чтобы магниты ротора и магниты статора были асимметричны друг другу (то есть магниты ротора не симметричны по отношению к магнитам статора, что показано в данном случае в виде разных размеров), чтобы облегчить преодоление тенденции системы к «фиксации» в положении минимальной магнитной потенциальной энергии. Поскольку магниты не симметричны, при их перемещении друг относительно друга соответствующие магнитные поля будут иметь тенденцию толкать больше в одном направлении, чем в другом, преодолевая такую симметрию с фиксацией.

На **фиг. 5** для наглядности показана более полная сборка первого альтернативного варианта осуществления настоящего изобретения. Продольный болт **51** удерживает сборку вместе и удерживает вращающиеся элементы по центру. Подшипник **52** содержит вращающийся центральный элемент **24** подшипника, дорожку **22**, шарики **23** и неподвижный центральный элемент **28** подшипника. (Более подробно см. **фиг. 2**).

На **фиг. 6** показан второй альтернативный вариант осуществления бесщеточного электродвигателя с более сложной конфигурацией магнитов ротора и магнитов статора. Эта конфигурация, хотя и не является обязательной, является в некоторой степени предпочтительной, поскольку она обеспечивает многочисленные преимущества для

практической реализации настоящего изобретения ценой более высокой сложности и стоимости изготовления.

Бесщеточный электродвигатель **60** содержит ротор в сборе **614** и статор в сборе **618**. Подшипник **652**, который вращается вокруг центральной точки **611**, прикрепляет ротор в сборе к статору в сборе с возможностью вращения. К подшипнику **652** механически прикреплены один или несколько пьезоэлектрических элементов статора. Показана конфигурация с шестью такими пьезоэлектрическими элементами статора, включая пьезоэлектрический элемент **619** статора. К пьезоэлектрическим элементам статора механически прикреплены магнитные элементы статора, такие как магнитный элемент **640** статора. Магнитные элементы статора содержат один или несколько магнитов с северным полюсом и южным полюсом, например, магнит **617** статора с северным полюсом **617a** магнита статора и южным полюсом **617b** магнита статора. Между магнитными элементами статора и одним или несколькими магнитными элементами ротора имеется зазор. Показана конфигурация с шестью такими магнитными элементами ротора, включая магнитный элемент **642** ротора. Каждый магнитный элемент ротора содержит один или несколько магнитов ротора, таких как магнит **616** ротора, который имеет северный полюс **616a** магнита ротора и южный полюс **616b** магнита ротора.

Для практической реализации настоящего изобретения, как и в предыдущих описанных вариантах осуществления, один или несколько пьезоэлектрических приводов статора, например, пьезоэлектрический привод **619** статора, получает питание от импульсного источника питания (**не показан**), управляемого частотным регулятором (**не показан**) таким образом, что когда, например, пьезоэлектрический привод **619** статора получает питание, он расширяется вдоль оси **619a** расширения, заставляя соответствующий магнитный элемент статора приближаться к одному или нескольким магнитным элементам ротора. Это приводит к изменению ориентации магнитных полей магнитных элементов статора и ротора, заставляя соответствующий магнитный элемент статора оказывать силу на магнитный элемент ротора, который, в свою очередь, заставляет магнитный элемент ротора оказывать силу на корпус **612**, заставляя его вместе со всем ротором в сборе **614** вращаться вокруг центральной точки **611** на подшипнике **652** относительно статора в сборе **618**. Это вращательное усилие передается на внешнюю нагрузку через полый вал **632** (**не показан**, см. **фиг. 7**).

Не требуется, чтобы каждый магнитный элемент ротора был точно геометрически противоположен магнитному элементу статора в любой конкретный момент времени во время работы или во время простоя, и на самом деле, вероятно, что равновесие во время простоя приведет к некоторой степени смещения. Очень предпочтительно, чтобы для каждого магнитного элемента статора имелся магнитный элемент ротора, и наоборот. Необходимо, чтобы между магнитными элементами ротора и магнитными элементами статора был зазор, достаточный для свободного перемещения магнитных элементов ротора без контакта с магнитными элементами статора при любой разумной величине

нагрузки на подшипник, скорости вращения или переходной вибрационной нагрузке.

Хотя показанная конфигурация магнитов будет по своей природе стабильной из-за магнитного притяжения между отдельными магнитами, предпочтительно, чтобы магниты в каждом магнитном элементе ротора и магнитном элементе статора были соединены эпоксидной смолой или иным образом физически прикреплены друг к другу для поддержания желаемого выравнивания и предотвращения смещения под нагрузкой или из-за вибрации или других переходных явлений.

Очень предпочтительно, но не обязательно, использовать перекрывающуюся конфигурацию магнитов, как показано в магнитных элементах ротора и магнитных элементах статора, так как это минимизирует асимметрию в общей структуре магнитного поля в бесщеточном магнитном двигателе.

На **фиг. 7** для наглядности показана более полная сборка второго альтернативного варианта осуществления настоящего изобретения с добавлением опционального набора пьезоэлектрических приводов статора, как на **фиг. 2**. (Более подробно см. **фиг. 6**). Продольный болт **651** удерживает сборку вместе и удерживает элементы по центру. Болты **680** массива конденсаторов крепят массив **656** конденсаторов к основанию **682** посредством резьбовых приемных элементов **681**. Хотя показаны традиционные емкостные пластины, можно использовать любые желаемые средства емкостной индукции тока, например, вакуумные конденсаторы.

Для целей настоящего описания предполагается, что основание **682** закреплено на чем-то, что считается неподвижным, и поэтому основание **682** является частью статора в сборе. Например, если двигатель **60** использовался бы для привода колеса электромобиля, основание **682** в конечном итоге было бы статически прикреплено к шасси автомобиля, в то время как корпус **612** в конечном итоге был бы статически прикреплен к колесу автомобиля.

Массив **680** конденсаторов, который не вращается относительно статора в сборе, содержит обкладки конденсатора, такие как обкладка **658** конденсатора, каждая обкладка конденсатора разделена зазором, таким как зазоры **657a** и **657b** конденсатора. Массив конденсаторов подает питание на пьезоэлектрический массив **621** ротора, который содержит один или несколько пьезоэлектрических приводов ротора, таких как пьезоэлектрический привод **621** ротора. Пьезоэлектрические приводы ротора механически прикреплены к одному или нескольким (необязательным) держателям **678** магнитов ротора, каждый держатель магнитов ротора имеет окружную поверхность **662** ротора и (необязательные) вертикальные направляющие **661a** и **661b** ротора, причем все держатели магнитов ротора образуют узел **660** держателей магнитов ротора. К пьезоэлектрическим приводам ротора механически прикреплены непосредственно или посредством (необязательных) держателей магнитов ротора один или несколько магнитных элементов ротора, например, магнитный элемент **642** ротора, причем каждый магнитный элемент ротора содержит один или несколько магнитов ротора, например, магнит **616** ротора, при этом все магнитные элементы ротора образуют магнитный узел **672** ротора.

При подаче питания пьезоэлектрические приводы ротора расширяются в направлении центра двигателя **60** (поскольку они не могут расширяться к фиксированному положению остальной части ротора в сборе, включая, в конечном итоге, корпус **612**), толкая магнитные элементы ротора к магнитным элементам статора (см. ниже) и прикладывая магнитную силу, как объяснено в предыдущих описаниях (см. **фиг. 1, 2 и 6**). Это в конечном итоге заставляет ротор в сборе, включая корпус **612**, вращаться, обеспечивая вращательное усилие через полый вал **632**. Пьезоэлектрические приводы ротора могут получать питание по одному, все вместе или последовательно, в зависимости от нагрузки и условий. Пьезоэлектрические приводы ротора могут получать питание без подачи питания на пьезоэлектрические приводы статора (см. ниже) или совместно с ними.

Магнитный узел **672** ротора радиально окружает магнитный узел **670** статора, причем магнитный узел ротора отделен от магнитного узла статора зазором (**не показан**, см. **фиг. 7b**). Магнитный узел **670** статора содержит один или несколько магнитных элементов статора, таких как магнитный элемент **640** статора, причем каждый магнитный элемент статора содержит один или несколько магнитов статора, таких как магнит **617** статора. Магнитные элементы статора механически прикреплены к пьезоэлектрическому узлу **669** статора, который содержит один или несколько пьезоэлектрических приводов статора, таких как пьезоэлектрический привод **619** статора, непосредственно или посредством (опционального) узла **655** держателей магнитов статора. (Опциональный) узел **655** держателей магнитов статора содержит один или несколько держателей магнитов статора, таких как держатель **676** магнитов статора, причем каждый держатель магнитов статора содержит окружную поверхность статора, такую как окружная поверхность **654** статора, и (необязательные) вертикальные направляющие **653a** и **653b** статора.

При подаче питания пьезоэлектрические приводы статора расширяются в направлении внешней окружности двигателя **60** (поскольку они не могут расширяться в направлении фиксированного положения остальной части статора в сборе), толкая магнитные элементы статора к магнитным элементам ротора и прикладывая магнитную силу, как описано в предыдущих описаниях (см. **фиг. 1, 2 и 6**). Это в конечном итоге заставляет ротор в сборе, включая корпус **612**, вращаться, обеспечивая вращательное усилие через полый вал **632**. Пьезоэлектрические приводы статора могут получать питание по одному, все вместе или последовательно, в зависимости от нагрузки и условий. Пьезоэлектрические приводы статора могут получать питание без подачи питания на пьезоэлектрические приводы ротора или совместно с ними.

На **фиг. 7a** показана конфигурация **фиг. 7** в альтернативной фазе сборки для ясности раскрытия. Корпус **612** готов к установке на остальную часть двигателя в сборе, а массив **656** конденсаторов готов к закреплению на основании **682** с помощью болтов **680** массива конденсаторов. Элементы ротора и статора собраны, например, пьезоэлектрический привод ротора прикреплен к окружной поверхности **662** ротора, а пьезоэлектрический привод статора прикреплен к окружной поверхности **654** статора, и

оба готовы к установке в соответствующие узлы.

На **фиг. 7b** показана конфигурация **фиг. 7** в разрезе для ясности раскрытия. Корпус **612** закреплен в осевом направлении продольным болтом **651**, но может свободно вращаться относительно основания **682**, поскольку они механически соединены только подшипниками **652** и **683**. Магнитный элемент **642** ротора отделен от магнитного элемента **640** статора зазором **690**. Размер зазора **690** может быть изменен путем подачи питания на пьезоэлектрический привод **619** статора и/или пьезоэлектрический привод **621** ротора. Когда пьезоэлектрические приводы изменяют размер зазора **690**, относительная ориентация магнитных полей магнитных элементов ротора и магнитных элементов статора изменяется. Это приведет к приложению магнитной силы между магнитными элементами, но так как только магнитные элементы ротора (в конечном итоге соединенные с корпусом **612**) могут двигаться, эта сила заставит корпус **612** двигаться, позволяя передавать вращательное движение на полый вал **632** и, таким образом, ось, колесо или любой другой желаемый вращающийся элемент или вращающийся груз.

На **фиг. 8** показан третий альтернативный вариант осуществления настоящего изобретения. В этом варианте осуществления вместо множества отдельных магнитов магниты ротора состоят из одного фрагмента магнитного материала ротора, структура которого предполагает наличие множества магнитных областей, причем каждая магнитная область имеет северный полюс и южный полюс. Аналогично, есть два отдельных фрагмента магнитного материала статора, имеющих множество магнитных областей. Каждый фрагмент магнитного материала статора прикреплен к одному концу одного пьезоэлектрического привода.

Бесщеточный электродвигатель **80** содержит ротор в сборе **82**, узлы **84** и **87** магнитов статора и пьезоэлектрический привод **810**, который функционально прикреплен к РСВ **92** (не показана: см. **фиг. 9**). Ротор в сборе **82**, который может свободно вращаться относительно всех компонентов статора в сборе и прикреплен к любой вращающейся нагрузке (не показана), которую необходимо ускорить с помощью двигателя, состоит из магнитного материала (или может иметь внутренний участок магнитного материала, окруженный немагнитным материалом по желанию), который имеет магнитные области, причем каждая магнитная область имеет северный полюс и южный полюс, такие как северные полюса **82a** и **82b** ротора и южные полюса **83a** и **83b** ротора. Напротив магнитного материала ротора в сборе, разделенного зазором (см. **фиг. 9**), расположены узлы магнитов **84** и **87** статора. В данном варианте осуществления изобретения можно использовать один магнит статора, но для баланса и повышения эффективности пьезоэлектрического привода предпочтительно использовать два симметричных магнита статора, как показано. Первый магнитный узел **84** статора, аналогично секции **82** ротора, полностью или частично состоит из магнитного материала, который имеет множество магнитных областей, причем каждая магнитная область имеет северный полюс, например, северные полюса **85a** и **85b** статора и южные полюса **86a** и **86b** ротора. Второй магнитный узел **87** магнитов статора также полностью или частично состоит из магнитного

материала, который имеет множество магнитных областей, причем каждая магнитная область имеет северный полюс, например, северные полюса **85a** и **85b** статора и южные полюса **86a** и **86b** статора.

На **фиг. 9** показан вид в разрезе третьего альтернативного варианта осуществления настоящего изобретения для дополнительной ясности раскрытия. Бесщеточный электродвигатель **80** имеет зазор **91**, который разделяет различные узлы двигателя (см. **фиг. 8**) и позволяет двигателю также служить в качестве бесконтактного магнитного подшипника до тех пор, пока плоская нагрузка не оказывает существенного влияния на зазор, поддерживаемый магнитными полями магнитного узла ротора и магнитных узлов статора. Это является дополнительным преимуществом нескольких вариантов осуществления и конфигураций настоящего изобретения, раскрытых в настоящем документе. РСВ **92** представляет собой печатную плату, которая механически и электрически прикреплена к пьезоэлектрическому приводу **810** и обеспечивает его электрическим потенциалом от импульсного источника питания (**не показан**).

При необходимости текущая среда может принудительно циркулировать вокруг узлов или даже через зазор для охлаждения двигателя, но поскольку многие пьезоэлектрические устройства на самом деле работают лучше, когда они достигают относительно высокой рабочей температуры, необходимость в охлаждении будет минимальной во многих областях применения. Это еще одно преимущество настоящего изобретения. Во всех вариантах осуществления и конфигурациях настоящего изобретения необходимо поддерживать достаточно низкие рабочие температуры, чтобы избежать размагничивания любых используемых постоянных магнитов. Она будет варьироваться, поскольку различные виды магнитных материалов имеют различные пороги размагничивания. (Например, некоторые ферритовые магниты могут выдерживать температуры до 250°C, в то время как некоторые редкоземельные магниты могут выдерживать температуры только до 100°C).

Для практической реализации данного варианта осуществления настоящего изобретения электрический потенциал прикладывается к пьезоэлектрическому приводу **810**, который электрически соединен с РСВ **92**. Это заставляет пьезоэлектрический привод **810** расширяться вдоль своей длинной оси, изменяя относительное положение узлов магнитов статора и ротора в сборе. Это, в свою очередь, приводит к воздействию электромагнитной силы на ротор в сборе, который поворачивается в положение, минимизирующее магнитную потенциальную энергию между ротором в сборе и статорами в сборе. Затем электрический потенциал на пьезоэлектрическом приводе **810** снимается и/или изменяется, заставляя его сжиматься вдоль своей длинной оси, снова изменяя относительное положение различных узлов магнитов и передавая больше энергии вращения на ротор в сборе. Импульсный источник питания (**не показан**) непрерывно изменяет электрический потенциал на пьезоэлектрическом приводе для получения желаемой энергии вращения, как в ранее описанных предпочтительных вариантах осуществления.

Опционально, но не предпочтительно и не обязательно, чтобы ротор в сборе или статор в сборе, или они оба, содержали несколько магнитов, как в ранее описанных конфигурациях. (См. **фиг. 1**, **фиг. 2** и/или **фиг. 6**). До тех пор, пока ротор в сборе и статор в сборе имеют показанную конфигурацию, конфигурация этого третьего альтернативного варианта осуществления, включающая один пьезоэлектрический привод, будет функционировать и обеспечивать преимущества настоящего изобретения.

Далее будут раскрыты альтернативные конфигурации настоящего изобретения, которые могут быть применены к любому из описанных предпочтительных вариантов осуществления.

В первой альтернативной конфигурации настоящего изобретения (**не показана**) некоторые или все магниты ротора, или некоторые или все магниты статора предпочтительного варианта осуществления или первого альтернативного варианта осуществления заменены электромагнитами.

Во второй альтернативной конфигурации настоящего изобретения (**не показана**) один или несколько упругих элементов установлены в узел двигателя таким образом, что пьезоэлектрические приводы работают против упругих элементов, когда на них подается питание, сжимая их и создавая упругую потенциальную энергию, таким образом, когда на пьезоэлектрический привод(ы) не подается питание, магнит(ы), прикрепленный(-ые) к пьезоэлектрическому приводу(-ам), возвращается(-ются) в свое предыдущее положение быстрее и без необходимости приложения потенциала обратной полярности к пьезоэлектрическому приводу, когда упругая потенциальная энергия придает импульс пьезоэлектрическим приводам.

В третьей альтернативной конфигурации настоящего изобретения (**не показана**) объединены признаки первой и второй конфигураций.

Специалистам в данной области будет очевидно, что хотя настоящее изобретение и его предпочтительные варианты осуществления описаны в терминах роторных двигателей, принципы, используемые в настоящем изобретении, могут быть использованы для создания линейных двигателей, таких как безроторные двигатели, путем использования основного принципа пьезоэлектрического приведения в движение противоположных магнитных элементов для создания линейной силы вместо центростремительной силы. Таким образом, приведенные ниже пункты формулы изобретения включают как роторные конфигурации, так и линейные конфигурации, где и когда это уместно.

Хотя выше были описаны различные варианты осуществления и конфигурации настоящего изобретения, следует понимать, что они представлены только в качестве примера, а не ограничения. Таким образом, сущность и объем настоящего изобретения не должны быть ограничены ни одним из приведенных выше иллюстративных вариантов осуществления.

Настоящая заявка - взятая в целом, с объединением реферата, описания и графических материалов - предоставляет достаточную информацию для специалиста в

данной области техники для практической реализации настоящего изобретения, как раскрыто в настоящем документе. Любые меры, необходимые для практической реализации настоящего изобретения, вполне под силу специалисту в данной области техники, после того, как он внимательно изучит настоящее раскрытие.

Благодаря настоящему раскрытию и исключительно благодаря настоящему раскрытию, модификация данного устройства и способа может стать понятной для специалиста в данной области техники. Такие модификации явно входят в объем данного раскрытия.

Далее описано то, что заявлено и должно быть защищено патентной грамотой.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Бесщеточный электродвигатель, содержащий:

а) по меньшей мере одну группу пьезоэлектрических приводов, причем по меньшей мере одна группа пьезоэлектрических приводов содержит по меньшей мере один пьезоэлектрический привод, причем все пьезоэлектрические приводы электрически соединены с источником питания;

б) группу магнитов привода, причем группа магнитов привода содержит по меньшей мере один магнит привода, причем каждый из по меньшей мере одного пьезоэлектрического привода механически прикреплен к группе магнитов привода;

в) группу ответных магнитов, причем группа ответных магнитов физически противоположна первому множеству пьезоэлектрических элементов, разделенных переменным зазором, имеющим такой размер, что, когда один или несколько из множества пьезоэлектрических приводов получают питание от источника питания, размер переменного зазора изменяется; и

г) узел двигателя, содержащий подвижный узел и статический узел, причем подвижный узел механически прикреплен к группе магнитов привода или группе ответных магнитов, статический узел механически прикреплен к той из группы магнитов привода или группы ответных магнитов, к которой подвижный узел механически не прикреплен, вследствие чего, когда размер переменного зазора изменяется, магнитная сила воздействует на подвижный узел, вызывая перемещение подвижного узла относительно статического узла.

2. Бесщеточный электродвигатель по п. 1, отличающийся тем, что имеется одна единственная группа пьезоэлектрических приводов, причем одна единственная группа пьезоэлектрических приводов содержит один единственный пьезоэлектрический привод, и имеется одна единственная группа магнитов привода, причем одна единственная группа магнитов привода содержит два магнита привода.

3. Бесщеточный электродвигатель по п. 1, отличающийся тем, что группа ответных магнитов состоит из одного фрагмента магнитного материала, причем упомянутый один фрагмент магнитного материала имеет множество магнитных областей, каждая магнитная область имеет локальный северный полюс и локальный южный полюс.

4. Бесщеточный электродвигатель по п. 2, отличающийся тем, что группа ответных магнитов состоит из одного фрагмента магнитного материала, причем один фрагмент магнитного материала имеет множество магнитных областей, каждая магнитная область имеет локальный северный полюс и локальный южный полюс.

5. Бесщеточный электродвигатель по п. 1, дополнительно содержащий:

д) группу обкладок конденсатора привода, причем группа обкладок конденсатора привода содержит по меньшей мере одну обкладку конденсатора привода, причем группа обкладок конденсатора привода соединена с источником питания и механически прикреплена к корпусу бесщеточного электродвигателя таким образом, что когда группа обкладок конденсатора получает питание от источника питания, они образуют

конденсаторную цепь с одним или несколькими пьезоэлектрическими приводами, вызывая индуцирование тока в пьезоэлектрических приводах в конденсаторной цепи.

6. Бесщеточный электродвигатель по п. 1, отличающийся тем, что имеются две группы пьезоэлектрических приводов, дополнительно содержащие:

д) первую группу пьезоэлектрических приводов, образующую группу пьезоэлектрических приводов статора, причем каждый из пьезоэлектрических приводов статора механически прикреплен к магниту статора; и

е) вторую группу пьезоэлектрических приводов, образующую группу пьезоэлектрических приводов ротора, причем каждый из пьезоэлектрических приводов ротора механически прикреплен к магниту ротора.

7. Бесщеточный электродвигатель по п. 6, дополнительно содержащий:

ж) группу обкладок конденсатора привода, причем группа обкладок конденсатора привода содержит по меньшей мере одну обкладку конденсатора привода, причем группа обкладок конденсатора привода соединена с источником питания и механически прикреплена к корпусу бесщеточного электродвигателя таким образом, что когда группа обкладок конденсатора получает питание от источника питания, они образуют конденсаторную цепь с одним или несколькими пьезоэлектрическими приводами, вызывая индуцирование тока в пьезоэлектрических приводах в конденсаторной цепи.

8. Бесщеточный электродвигатель по п. 1, отличающийся тем, что каждая группа магнитов привода имеет два конца, и причем магниты привода в каждой группе магнитов привода перекрывают друг друга для создания комбинированного магнитного поля привода, и причем каждый из магнитов привода в группе магнитов привода имеет северный полюс и южный полюс, и южный полюс любого конкретного магнита привода находится в физической близости либо от одного из двух концов, либо от северного полюса другого магнита привода в группе магнитов привода, а северный полюс любого конкретного магнита привода находится в физической близости либо от одного из двух концов, либо от южного полюса другого магнита привода в группе магнитов привода.

9. Бесщеточный электродвигатель по п. 8, отличающийся тем, что магниты привода в каждой группе магнитов привода закреплены клеем, причем клей фиксирует магниты привода в фиксированной ориентации.

10. Бесщеточный электродвигатель по п. 5, отличающийся тем, что имеются две группы пьезоэлектрических приводов, дополнительно содержащие:

е) первую группу пьезоэлектрических приводов, образующую группу пьезоэлектрических приводов статора, причем каждый из пьезоэлектрических приводов статора механически прикреплен к магниту статора; и

ж) вторую группу пьезоэлектрических приводов, образующую группу пьезоэлектрических приводов ротора, причем каждый из пьезоэлектрических приводов ротора механически прикреплен к магниту ротора.

11. Бесщеточный электродвигатель по пункту 5, отличающийся тем, что каждая группа магнитов привода имеет два конца, и причем магниты привода в каждой группе

магнитов привода перекрывают друг друга для создания комбинированного магнитного поля привода, и причем каждый из магнитов привода в группе магнитов привода имеет северный полюс и южный полюс, и южный полюс любого конкретного магнита привода находится в физической близости либо от одного из двух концов, либо от северного полюса другого магнита привода в группе магнитов привода, а северный полюс любого конкретного магнита привода находится в физической близости либо от одного из двух концов, либо от южного полюса другого магнита привода в группе магнитов привода.

12. Бесщеточный электродвигатель по п. 11, отличающийся тем, что магниты привода в каждой группе магнитов привода закреплены клеем, причем клей фиксирует магниты привода в фиксированной ориентации.

13. Бесщеточный электродвигатель по п. 1, дополнительно содержащий:

д) группу упругих элементов, причем упругие элементы механически прикреплены к по меньшей мере одному пьезоэлектрическому приводу так, что, когда пьезоэлектрический привод получает питание, упругий элемент получает упругую потенциальную энергию, а когда пьезоэлектрический привод не получает питание, упругая потенциальная энергия преобразуется в упругую силу, которая давит на пьезоэлектрический привод.

14. Бесщеточный электродвигатель по п. 2, дополнительно содержащий:

д) группу упругих элементов, причем упругие элементы механически прикреплены к по меньшей мере одному пьезоэлектрическому приводу так, что, когда пьезоэлектрический привод получает питание, упругий элемент получает упругую потенциальную энергию, а когда пьезоэлектрический привод не получает питание, упругая потенциальная энергия преобразуется в упругую силу, которая давит на пьезоэлектрический привод.

15. Бесщеточный электродвигатель по п. 5, дополнительно содержащий:

е) группу упругих элементов, причем упругие элементы механически прикреплены к по меньшей мере одному пьезоэлектрическому приводу так, что, когда пьезоэлектрический привод получает питание, упругий элемент получает упругую потенциальную энергию, а когда пьезоэлектрический привод не получает питание, упругая потенциальная энергия преобразуется в упругую силу, которая давит на пьезоэлектрический привод.

16. Бесщеточный электродвигатель по п. 8, дополнительно содержащий:

д) группу упругих элементов, причем упругие элементы механически прикреплены к по меньшей мере одному пьезоэлектрическому приводу так, что, когда пьезоэлектрический привод получает питание, упругий элемент получает упругую потенциальную энергию, а когда пьезоэлектрический привод не получает питание, упругая потенциальная энергия преобразуется в упругую силу, которая давит на пьезоэлектрический привод.

17. Бесщеточный электродвигатель, содержащий:

а) по меньшей мере одну группу статических пьезоэлектрических приводов,

причем по меньшей мере одна группа статических пьезоэлектрических приводов содержит по меньшей мере один статический пьезоэлектрический привод, причем все статические пьезоэлектрические приводы электрически соединены с источником питания;

б) группу статических магнитов, причем группа статических магнитов содержит по меньшей мере один статический магнит, причем каждый из по меньшей мере одного статического пьезоэлектрического привода механически прикреплен к группе статических магнитов;

в) по меньшей мере одну группу подвижных пьезоэлектрических приводов, причем по меньшей мере одна группа подвижных пьезоэлектрических приводов содержит по меньшей мере один подвижный пьезоэлектрический привод, причем все подвижные пьезоэлектрические приводы электрически соединены с источником питания;

г) группу подвижных магнитов, причем группа подвижных магнитов содержит по меньшей мере один подвижный магнит, причем каждый из по меньшей мере одного подвижного пьезоэлектрического привода механически прикреплен к группе подвижных магнитов;

д) узел двигателя, имеющий подвижный узел и статический узел, причем подвижный узел механически прикреплен к группе подвижных пьезоэлектрических приводов, статический узел механически прикреплен к группе статических пьезоэлектрических приводов, вследствие чего между группой подвижных магнитов и группой статических магнитов имеется переменный зазор, имеющий размер, и когда размер переменного зазора изменяется, магнитная сила действует на подвижный узел, вызывая перемещение подвижного узла относительно статического узла.

18. Бесщеточный электродвигатель по п. 17, дополнительно содержащий:

е) группу упругих элементов, причем упругие элементы механически прикреплены к по меньшей мере одному из статического или подвижного пьезоэлектрического привода так, что, когда пьезоэлектрический привод получает питание, упругий элемент получает упругую потенциальную энергию, а когда пьезоэлектрический привод не получает питание, упругая потенциальная энергия преобразуется в упругую силу, которая давит на пьезоэлектрический привод.

19. Бесщеточный электродвигатель по п. 17, дополнительно содержащий:

е) группу обкладок конденсатора возбудителя, причем группа обкладок конденсатора возбудителя содержит по меньшей мере одну обкладку конденсатора возбудителя, причем группа обкладок конденсатора привода соединена с источником питания и механически прикреплена к корпусу бесщеточного электродвигателя таким образом, что когда группа обкладок конденсатора получает питание от источника питания, они образуют конденсаторную цепь с одним или несколькими пьезоэлектрическими приводами, вызывая индуцирование тока в пьезоэлектрических приводах в конденсаторной цепи.

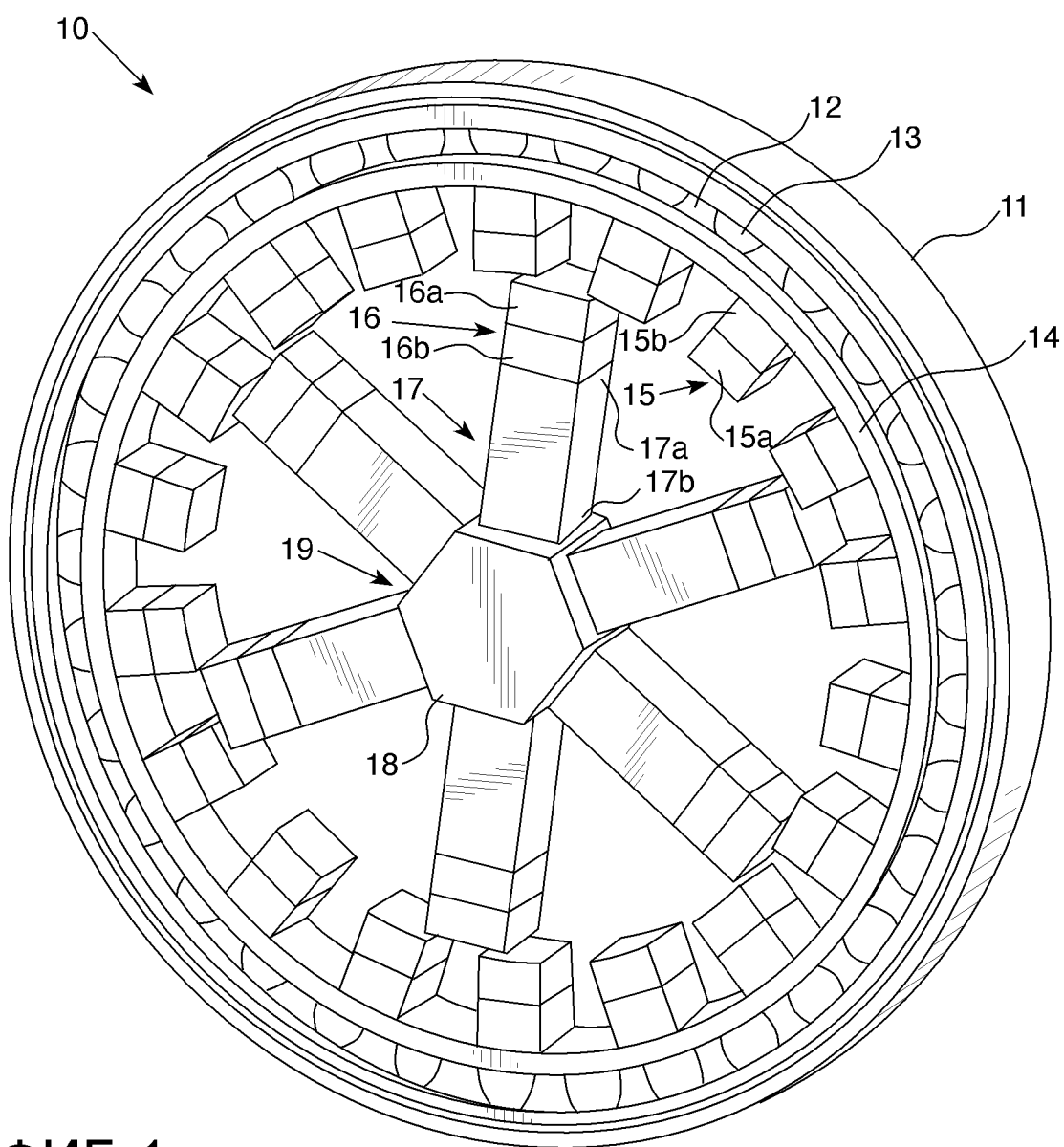
20. Бесщеточный электродвигатель по п. 17, отличающийся тем, что каждая группа статических магнитов и/или каждая группа подвижных магнитов представляет собой

группу магнитов, содержащую по меньшей мере два магнита, и причем каждая группа магнитов имеет два конца, и причем магниты в каждой группе магнитов перекрывают друг друга для создания комбинированного магнитного поля, и причем каждый из магнитов в группе магнитов имеет северный полюс и южный полюс, и южный полюс любого конкретного магнита находится либо в физической близости от одного из двух концов, либо от северного полюса другого магнита в той же группе магнитов, а северный полюс любого конкретного магнита находится в физической близости либо от одного из двух концов, либо от южного полюса другого магнита в той же группе магнитов.

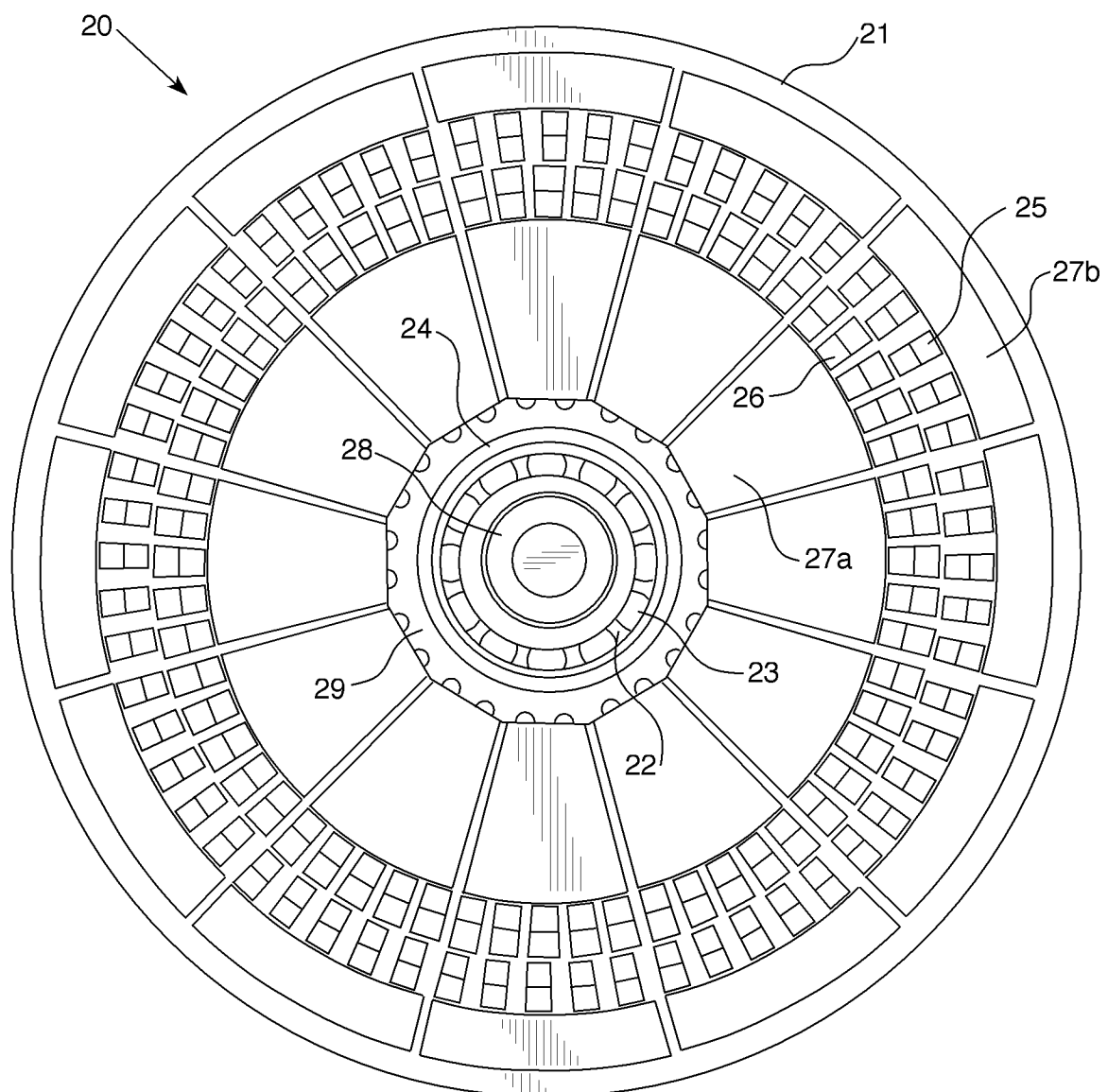
21. Бесщеточный электродвигатель по п. 1, отличающийся тем, что пьезоэлектрические приводы электрически соединены с источником питания емкостным соединением, вследствие чего по меньшей мере один из пьезоэлектрических приводов образует первую клемму конденсатора, а емкостная поверхность, электрически соединенная с источником питания, образует вторую клемму конденсатора, причем емкостная поверхность отделена от по меньшей мере одного пьезоэлектрического привода зазором, вследствие чего, когда на вторую емкостную поверхность подается питание от источника питания, в по меньшей мере одном пьезоэлектрическом приводе индуцируется ток, приводящий в действие по меньшей мере один пьезоэлектрический привод.

22. Бесщеточный электродвигатель по п. 1, отличающийся тем, что пьезоэлектрические приводы электрически соединены с источником питания емкостным соединением, вследствие чего первая емкостная поверхность, электрически соединенная по меньшей мере с одним из пьезоэлектрических приводов, образует первую клемму конденсатора, а вторая емкостная поверхность, электрически соединенная с источником питания, образует вторую клемму конденсатора, первая и вторая клеммы разделены зазором, вследствие чего, когда на вторую емкостную поверхность подается питание от источника питания, в первой емкостной поверхности индуцируется ток, питающий по меньшей мере один пьезоэлектрический привод.

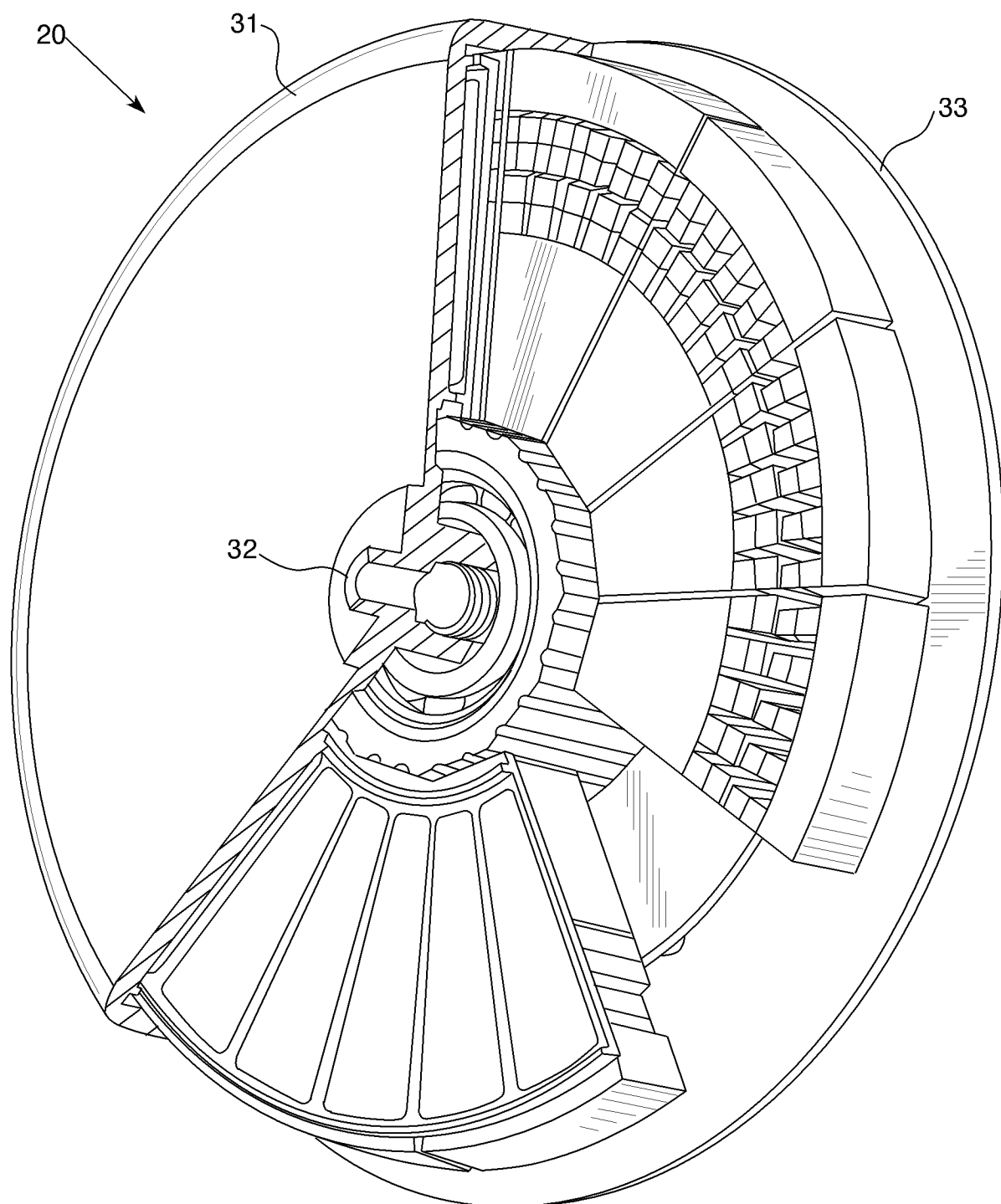
По доверенности



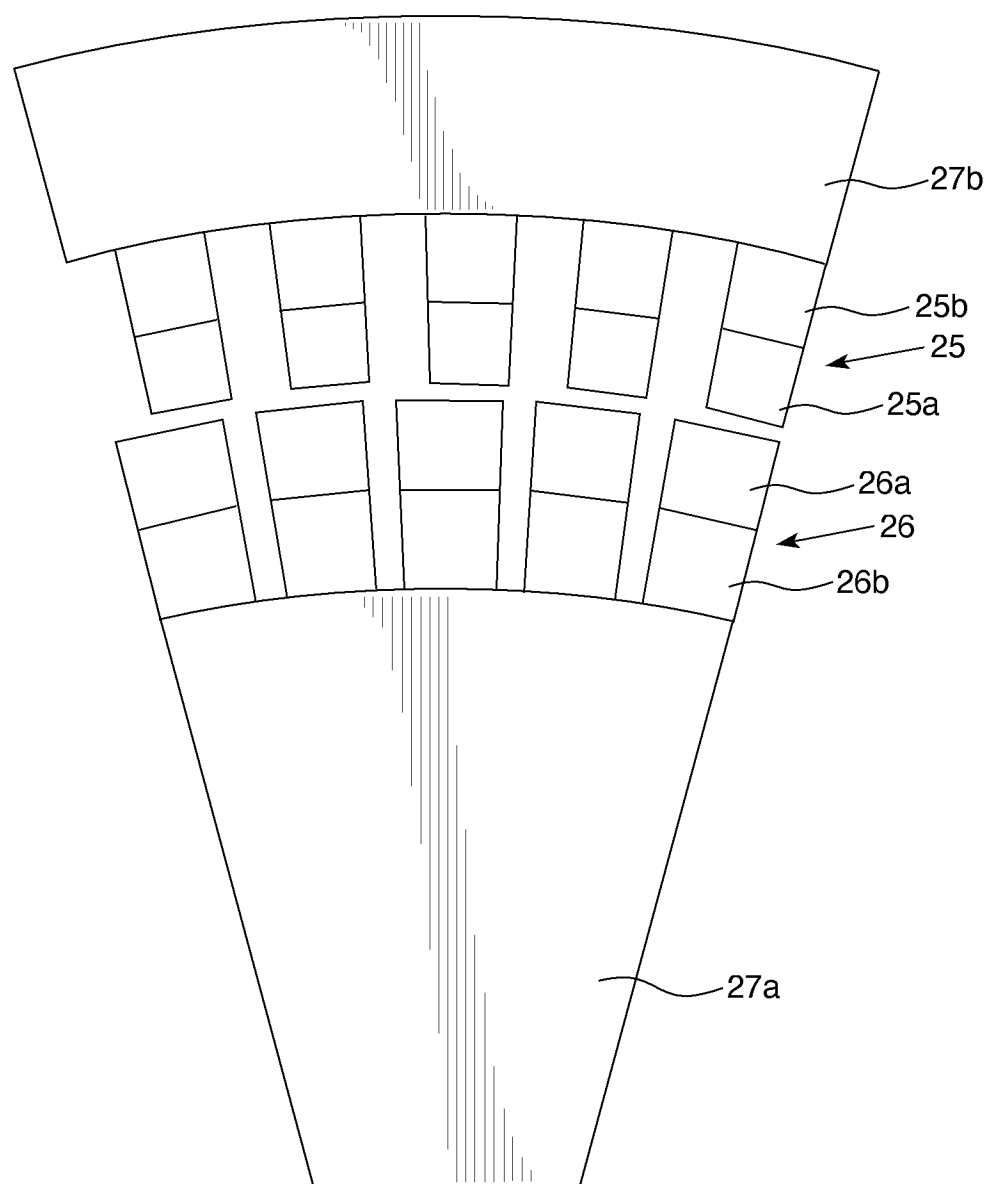
ФИГ. 1



ФИГ. 2

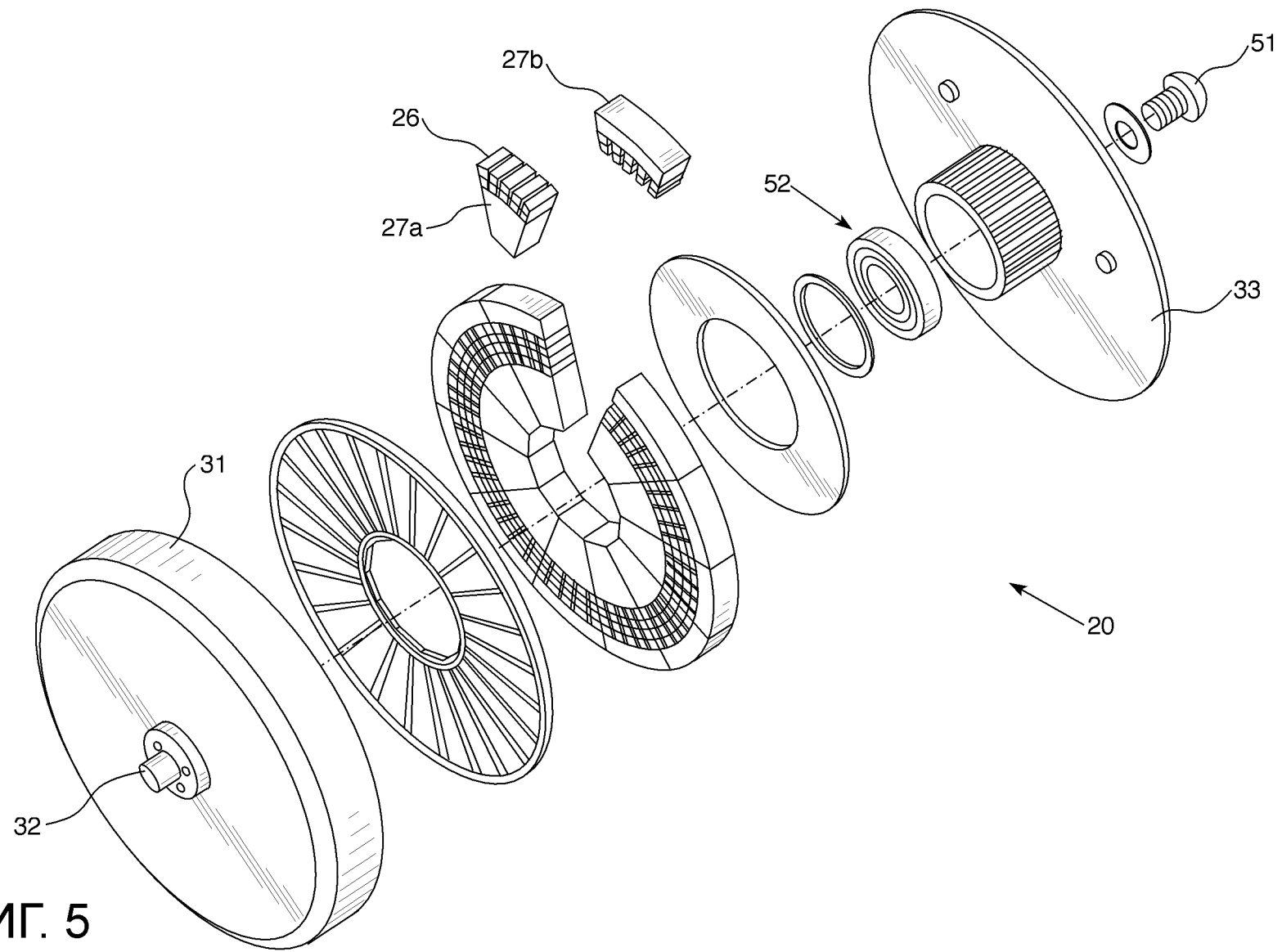


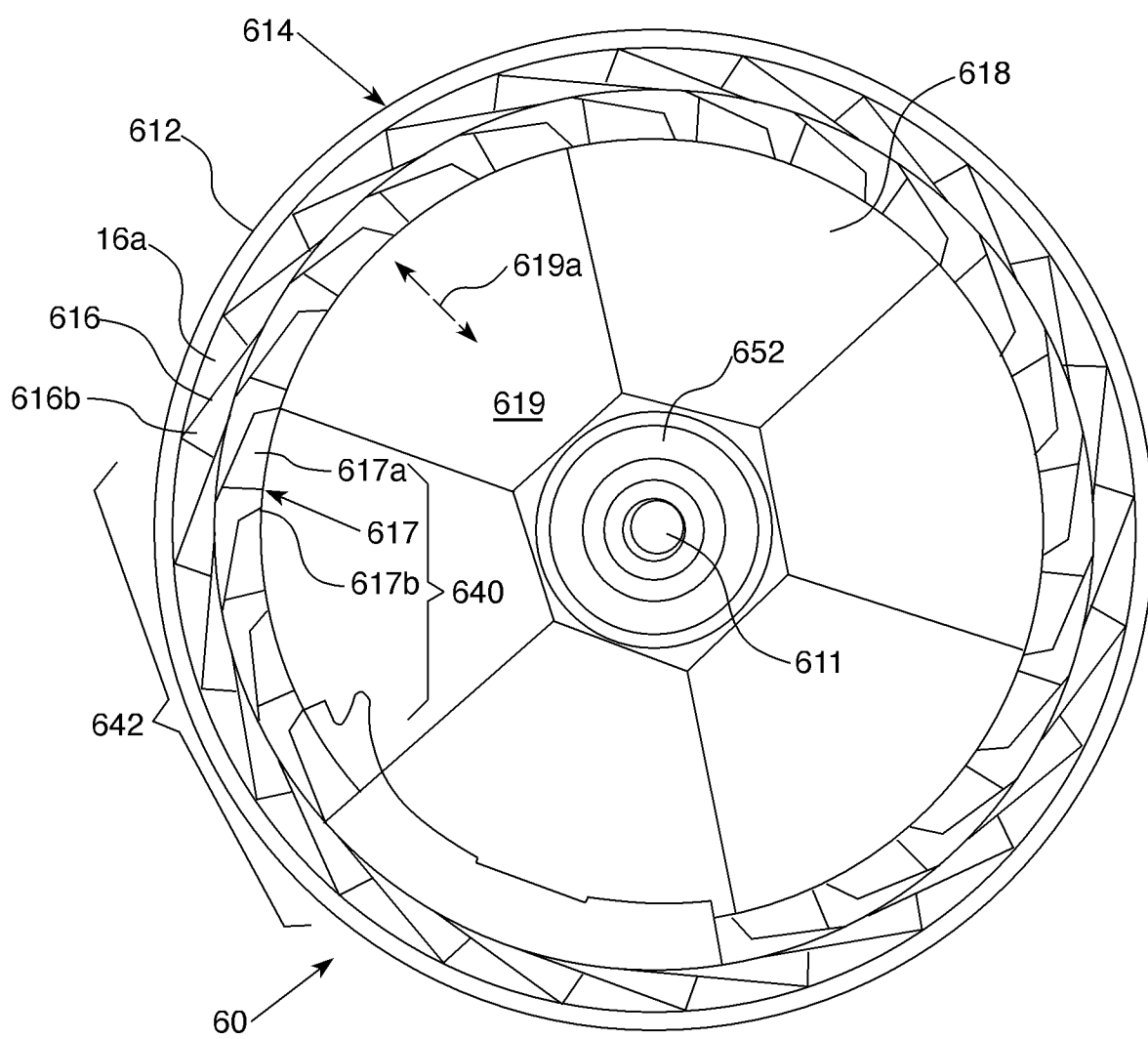
ФИГ. 3



ФИГ. 4

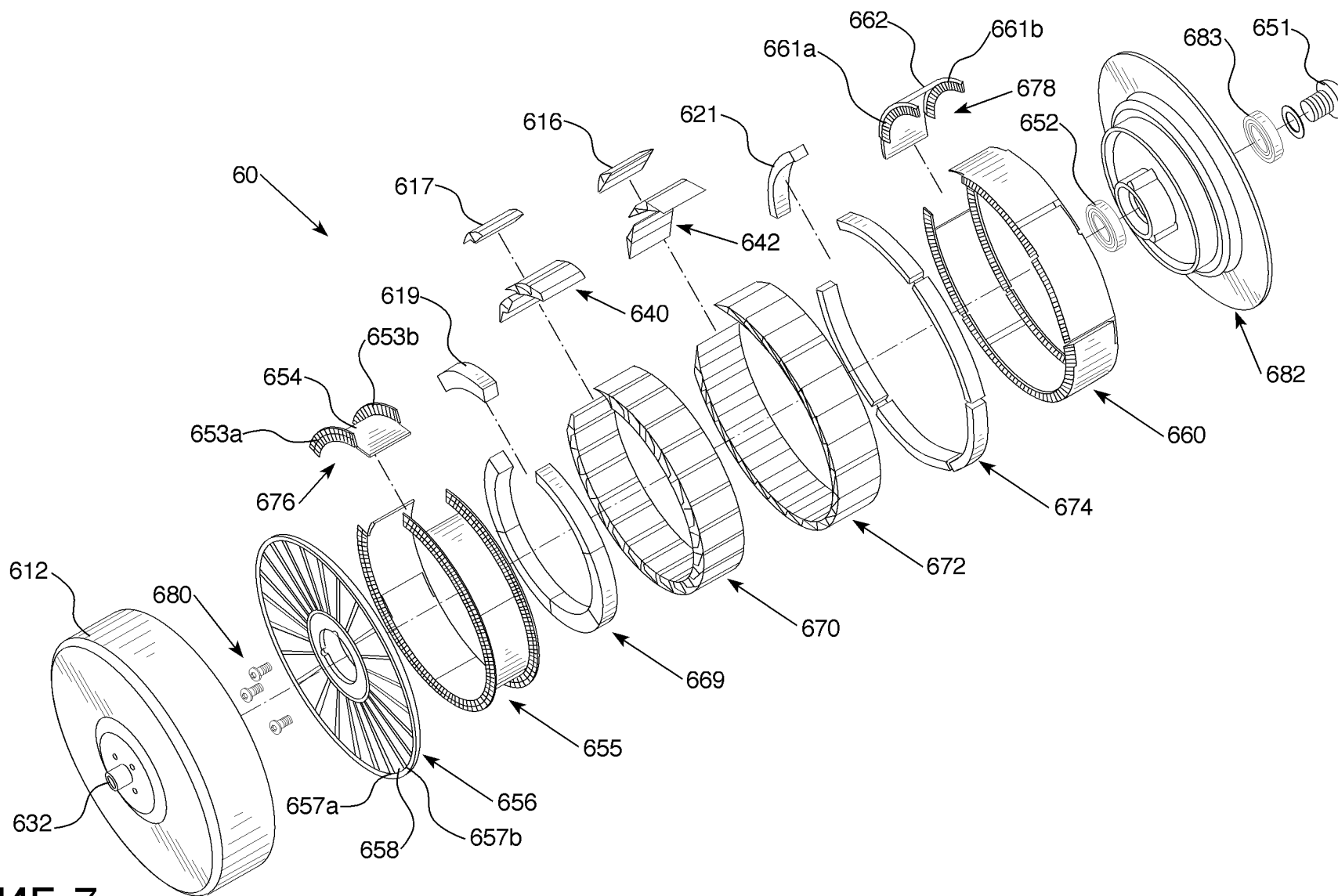
ФИГ. 5

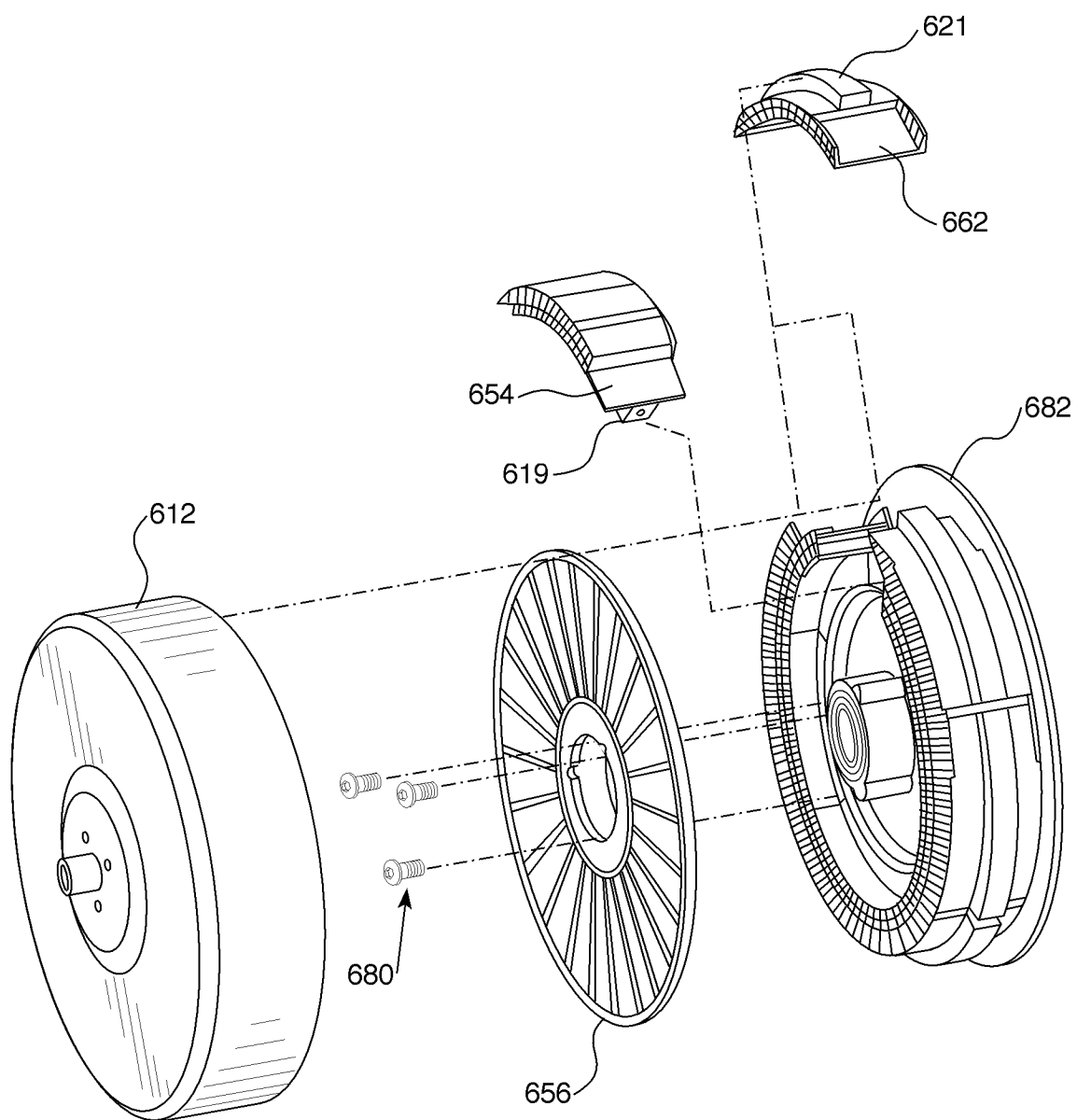




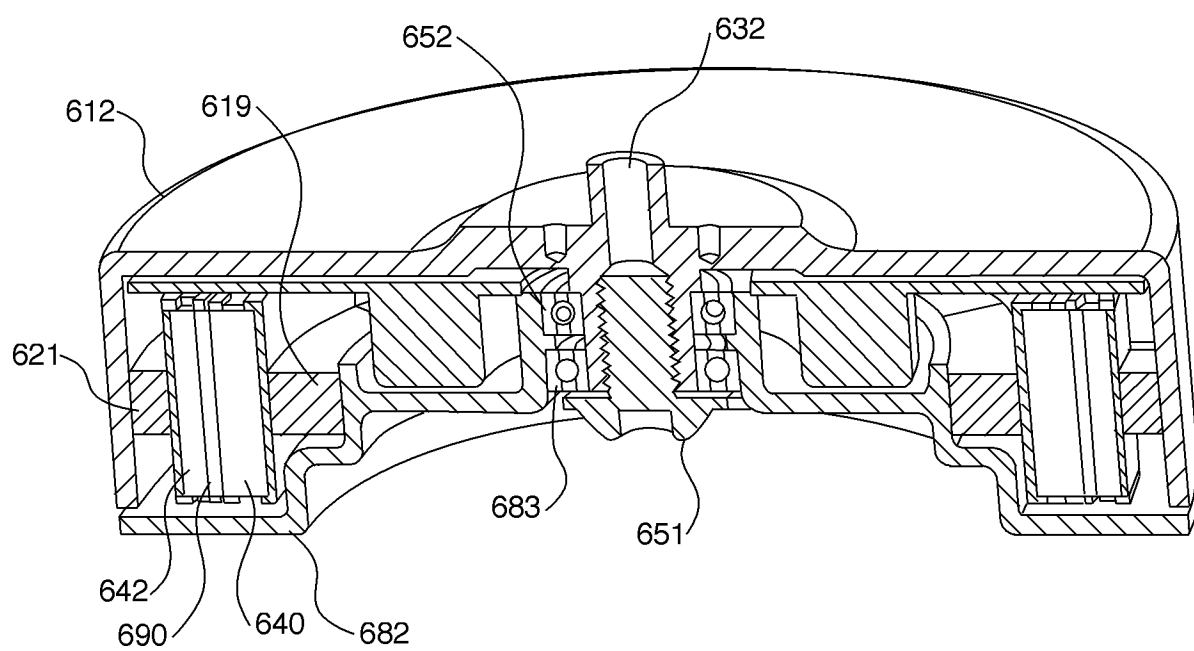
ФИГ. 6

ФИГ. 7

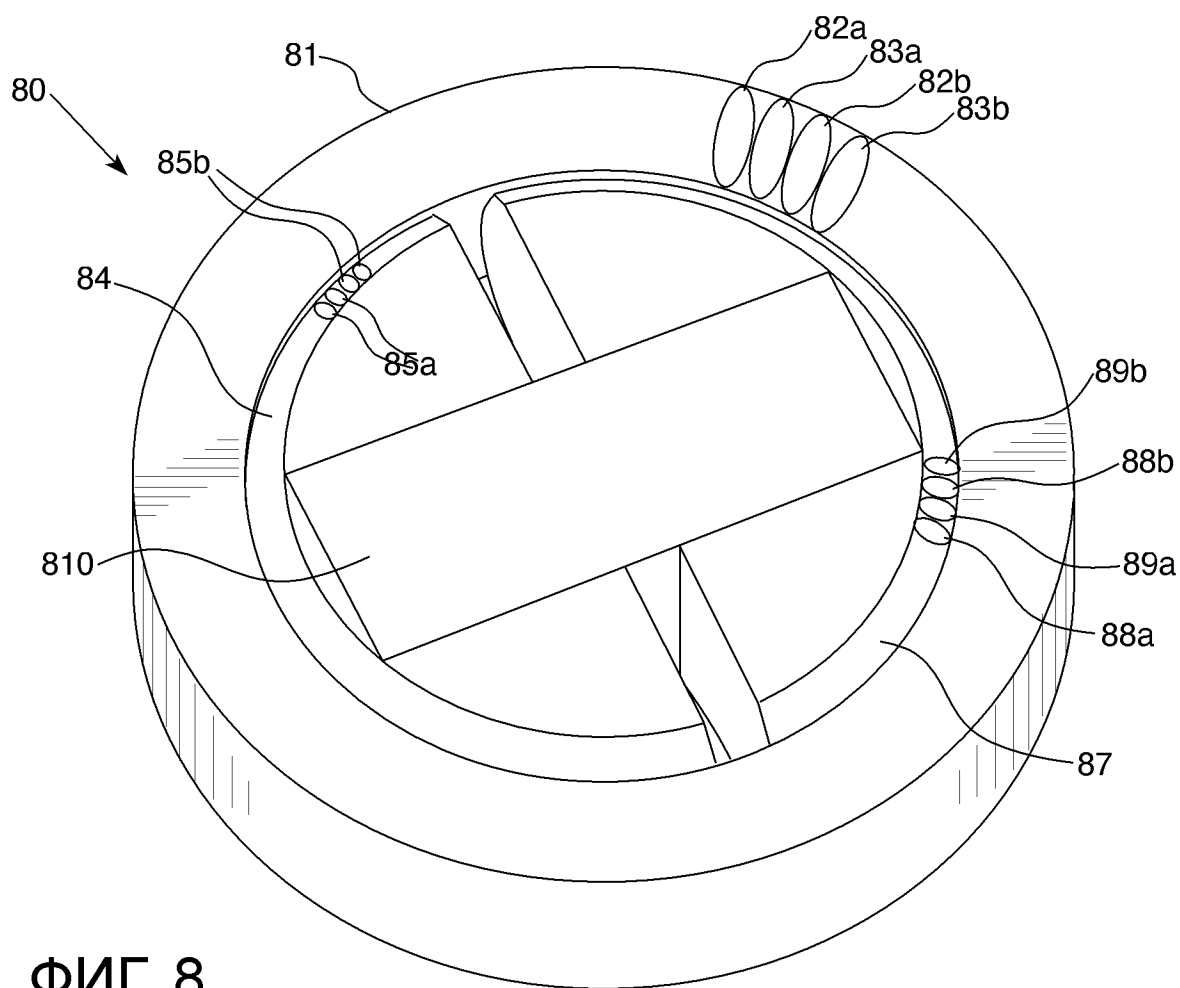




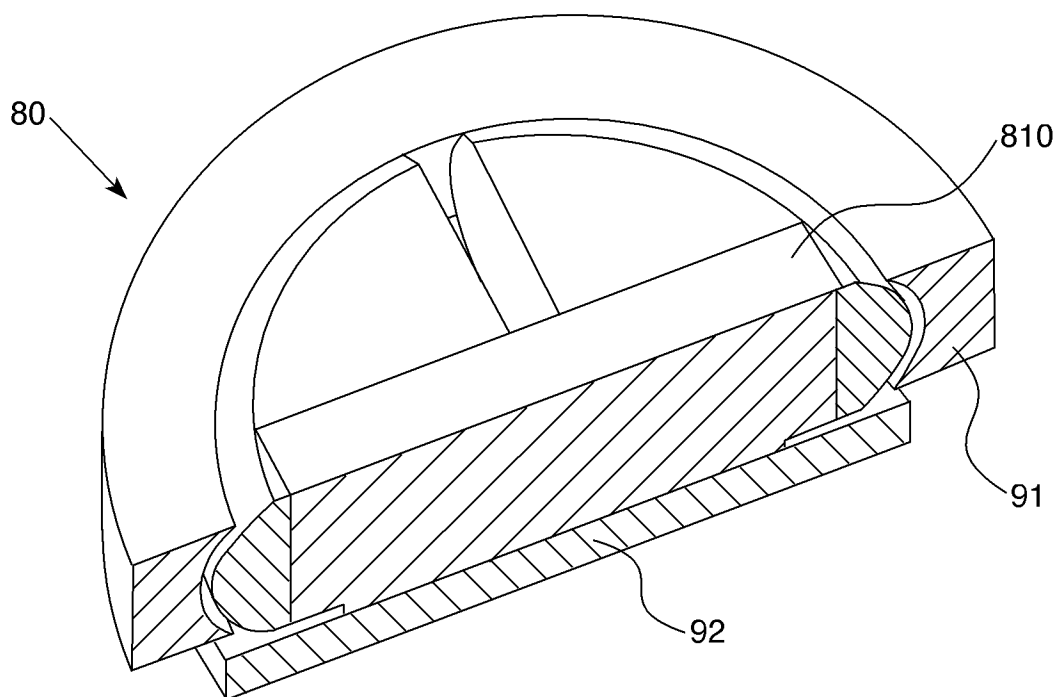
ФИГ. 7а



ФИГ. 7b



ФИГ. 8



ФИГ. 9