

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 201490572 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2014.08.29

(51) Int. Cl. *H01F 7/16* (2006.01)
H02K 33/16 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2012.07.12

(54) МАГНИТНОЕ УСТРОЙСТВО

(31) A 1260/2011

(32) 2011.09.05

(33) AT

(86) PCT/EP2012/063713

(87) WO 2013/034339 2013.03.14

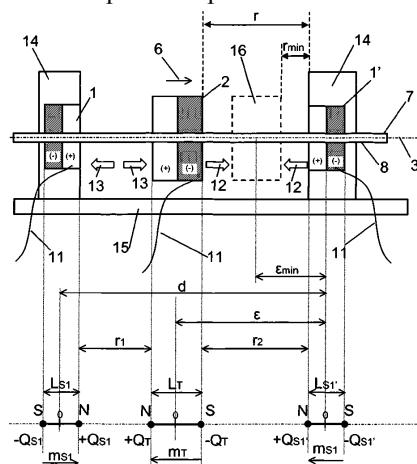
(88) 2013.09.06

(71) Заявитель:
СЕХ ЛИМИТЕД (MT)

(72) Изобретатель:
Эйн Жереми, Маршнер Фон
Хельмрайх Мартин (MC)

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

(57) Магнитное устройство содержит по меньшей мере один статор (1, 1') и по меньшей мере один транслятор (2), при этом транслятор (2) выполнен с возможностью движения относительно статора (1, 1') в направлении (6) движения транслятора, при этом направление (6) движения транслятора ориентировано к статору (1, 1'), при этом по меньшей мере один статор (1, 1') и один транслятор (2) ориентированы вдоль одной оси, при этом магнитное устройство содержит управляющее устройство, при этом управляющее устройство содержит устройство для управления расстоянием $r > 0$ транслятора до статора при работе магнитного устройства относительно возникающей между статором и транслятором схемы действия сил, транслятор (2) установлен с возможностью движения в направлении (6) движения транслятора вдоль линейно проходящей оси движения транслятора относительно статора (1, 1'), при этом по меньшей мере один статор (1, 1') и транслятор (2) ориентированы вдоль оси движения транслятора.



A1

201490572

201490572

A1

МАГНИТНОЕ УСТРОЙСТВО

Данное изобретение относится к магнитному устройству, содержащему по меньшей мере один магнит статора и по меньшей мере один магнит транслятора, при этом транслятор выполнен с возможностью движения относительно статора в направлении движения транслятора, при этом направление движения транслятора ориентировано к статору, кроме того, транслятор соединен с приводной осью.

Возможности применения магнитного устройства, согласно изобретению, состоят в применении в качестве магнитного привода, в качестве генератора или в качестве резистора, который создает силу противодействия силе, воздействующей на резистор снаружи. При применении в качестве магнитного привода с помощью приводной оси может выполняться механическая работа.

Магнитные приводы из уровня техники базируются на принципе использования магнитного диполя. За счет активации сил отталкивания и сил притяжения обеспечивается движение магнита транслятора относительно магнита статора. Это движение может быть направленным в обход статора, линейным или ротационным движением магнита транслятора или направленным к магниту статора, колебательным движением магнита транслятора. Магнитные приводы, согласно уровню техники, которые основываются на указанном последнем движении магнита транслятора, характеризуется тем, что магнит транслятора по меньшей мере в одном конечном положении находится в контакте с магнитом статора. В магнитных приводах, согласно уровню техники, транслятор в своем конечном положении и статор действуют как один магнит, так что статор и транслятор можно отделять друг от друга лишь с помощью повышенного расхода энергии.

В JP2006325381 раскрыто магнитное устройство, содержащее по меньшей мере один транслятор, который выполнен с возможностью движения по меньшей мере между двумя статорами, при этом ось движения транслятора проходит через статоры. Движение транслятора ограничено с помощью распорных элементов,

предусмотренных на статорах. Распорные элементы служат для уменьшения шумов генератора тока и механических шумов, вызываемых, например, контактом статора с транслятором.

В JP2006345652 приведено описание устройства управления движением иглы, направляемой с помощью магнита. Однако не раскрывается управление движением иглы относительно вызываемой магнитом схемы действия сил.

В US20060049701 раскрывается магнитное устройство, при этом ось движения трансляторов не проходит через статоры. Трансляторы перемещаются сбоку от статоров, из чего следует, что возникающая между статорами и транслятором схема действия сил ориентирована не параллельно направлению движения транслятора. Несмотря на отсутствие описания об управлении движением транслятора относительно возникающей между транслятором и статором схемы действия сил, раскрытое в US20060049701 устройство имеет вследствие ориентации схемы действия сил по сравнению с движением транслятора значительно меньший коэффициент полезного действия, чем в рассматриваемом в последующем устройстве.

В JP2010104078 приведено описание магнитного устройства, при этом движение транслятора управляется с помощью распорного элемента. Распорный элемент имеет форму, которая не оказывает отрицательного влияния на возникающую между статором и транслятором схему действия сил за счет своего присутствия.

R0126256 относится к магнитному устройству, которое по сравнению с рассматриваемым в последующем магнитным устройством не содержит управляющего устройства для управления движением транслятора.

В JP2002335662 раскрыто магнитное устройство, которое также не содержит управляющего устройства для управления движением транслятора.

В основу изобретения положена задача создания магнитного устройства, в частности магнитного привода, генератора или резистивного элемента, которое отличается более высоким коэффициентом полезного действия, чем известные из уровня техники электромагнитные двигатели.

В последующем с целью упрощения магнит транслятора

обозначается коротко транслятором, а магнит статора – статором.

Согласно изобретению, высокий коэффициент полезного действия достигается тем, что магнитное устройство содержит управляющее устройство, при этом управляющее устройство содержит устройство для управления расстоянием $r > 0$ (прописью: r больше нуля) транслятора до статора при работе магнитного устройства относительно схемы действия сил, возникающей между статором и транслятором, причем транслятор выполнен с возможностью движения в направлении движения транслятора вдоль линейно проходящей оси движения транслятора относительно статора, при этом по меньшей мере один статор и транслятор ориентированы вдоль оси движения транслятора.

За счет расположения на расстоянии, согласно изобретению, транслятора и статора с минимальным расстоянием $r > 0$ предотвращается действие транслятора и статора как одного магнита.

Расстояние r в рамках раскрытия данного изобретения определено как расстояние между обращенной к статору поверхностью транслятора и обращенной к транслятору поверхностью статора.

Статор и транслятор могут иметь магнитную часть или слой, окружающий магнитную часть, или распорный элемент, предотвращающий контакт магнитных частей статора и транслятора, так что в случае данного выполнения статора и транслятора при расстоянии $r = 0$ между статором и транслятором, магнитные части статора и транслятора, однако, не находятся в контакте.

Кроме того, расстояние r можно устанавливать с помощью управляющего устройства в зависимости от временных свойств магнитов. Временные свойства магнитов могут изменяться, с одной стороны, за счет внешних воздействий, таких как тепловая нагрузка, с другой стороны, за счет управления с помощью других управляющих устройств. Например, возможность управления напряженностью магнитного поля, а также ориентацией магнитов обеспечивается с помощью способов, известных из уровня техники. Кроме того, в соответствии с уровнем техники выбор материала, а также комбинаций материалов может также оказывать влияние на

свойства магнита.

Содержащееся в магнитном устройстве, согласно изобретению, управляющее устройство может управлять расстоянием r с учетом указанных выше влияний и свойств магнитов по меньшей мере одного статора или по меньшей мере одного транслятора.

В испытательной установке минимальное расстояние r составляло 1,0–2,0 мм. Испытательная установка выполнена с возможностью бесступенчатого регулирования расстояния, так что испытания проводились через каждый интервал расстояния в диапазоне от 1,0 до 2,0 мм.

Ось, вдоль которой расположены транслятор и статор, может иметь многоугольную, изогнутую на участках зон или проходящую прямолинейно на других участках зон форму.

При также лишь кратковременном контакте или при достаточно близком сближении друг с другом статора и транслятора, они в соответствии с общепринятой концепцией действуют как один магнит, так что, с целью обеспечения возможности колебательного движения, его необходимо разделять с помощью дополнительной энергии отделения. Задачей данного изобретения является создание магнитного устройства, которое характеризуется тем, что статор и транслятор при работе магнитного устройства, согласно изобретению, никогда не вступают в контакт друг с другом и тем самым, с учетом общепринятой концепции, во время использования магнитного устройства они никогда не действуют как один магнит. Это обеспечивает работу без использования этой дополнительной энергии отделения при движении транслятора в направлении от статора.

Изобретение не исключает, что транслятор и статор при не использовании магнитного устройства, согласно изобретению, находятся в контакте друг с другом.

Магнитное устройство, выполненное в качестве магнитного привода, может быть соединено с подлежащей приведению в движение во время работы магнитного привода маховой массой, которая компенсирует различные ускорения транслятора на участке пути движения транслятора. В качестве примера в данном случае можно привести маховое колесо, согласно уровню техники.

Магнитное устройство, согласно изобретению, содержит по меньшей мере один статор и один подвижный относительно статора транслятор. Вариант выполнения магнитного устройства, согласно изобретению, с высоким коэффициентом полезного действия содержит два статора и один установленный с возможностью движения между статорами транслятор. Для последовательного расположения приводов магнитный привод, согласно изобретению, может содержать множество $n=1, 2, 3, \dots$ статоров и $n-1$ подвижно установленных между статорами трансляторов.

В одном возможном варианте выполнения магнитного устройства, согласно изобретению, может быть предусмотрено, что по меньшей мере один статор, предпочтительно два статора, установлены, например, в средней точке оси, и по меньшей мере один транслятор, предпочтительно два транслятора, расположены на оси по обе стороны статора.

Магнитное устройство, согласно изобретению, можно комбинировать с другим магнитным устройством, согласно изобретению, и/или с магнитным устройством, согласно уровню техники.

Движение транслятора относительно статора может быть колебательным движением.

Колебательное движение транслятора происходит всегда относительно статора. Движение транслятора обеспечивается за счет использования вызванной действующим между статором и транслятором магнитного диполя силы притяжения и силы отталкивания.

Применение магнитного устройства, согласно изобретению, в качестве магнитного привода может отличаться тем, что транслятор совершает колебательное движение.

Кроме того, колебательное движение транслятора может осуществляться с помощью механической принудительной системы. За счет соединения транслятора с механической принудительной системой, такой как, например, кривошипный механизм, можно ограничивать амплитуду колебательного движения транслятора.

Механическая принудительная система может компенсировать различные или одинаковые напряженности магнитного поля и их

влияние на движение транслятора. Изобретение, описание которого приводится ниже, основывается на испытаниях с помощью испытательной установки, которая работает с магнитами различной напряженности поля или с магнитами одинаковой напряженности поля. Хорошие результаты можно достичь при работе испытательной установки с помощью магнитов одинаковой напряженности поля.

Механическая принудительная система может вынуждать дальнейшее движение транслятора в конечное положение и тем самым высвобождать транслятор из магнитного поля наиболее близко расположенного статора против действующих между статором и транслятором сил притяжения, а также действующих между статором и транслятором сил отталкивания.

При использовании магнитного устройства, согласно изобретению, в качестве резистивного элемента, транслятор останавливается на заданном расстоянии в течение заданного промежутка времени.

Ниже рассматривается возникновение магнитной поляризации или намагничивания материала на основе магнитного поля H , которое вызывает дополнительное магнитное поле J . Кроме того, выводится то расстояние транслятора до статора в конечном положении движения транслятора, в котором сила притяжения, соответственно, сила отталкивания между статором и транслятором является максимальной.

Принятые в последующем упрощения не должны ни в коем случае ограничивать объем правовой защиты, а выполнены в данном случае исключительно лишь для лучшего понимания обсуждаемой проблемы.

В последующем рассматривается магнитный привод, который содержит два расположенных на одной оси статора и один установленный с возможностью движения между статорами вдоль оси транслятор. Статоры и транслятор могут быть выполнены в виде ротационно-симметричных вокруг этой оси тел.

При магнитном возбуждении с помощью поля H намагничивается ферромагнитный сердечник и вызывает дополнительное магнитное поле M . Магнитные поля M и H образуют магнитное поле B , при этом все магнитные поля сведены друг с другом в одном уравнении.

Магнитное поле, намагничивание и магнитную индукцию можно

выразить в общем виде с помощью уравнения 1.1.

$$B = \mu_0 H + J \quad (1.1),$$

при этом для J справедливо

$$J = \mu_0 M \quad (1.2)$$

Из уравнения (1.1) и уравнения (1.2) следует

$$B = \mu_0 (H + M) \quad (1.3)$$

Объемная магнитная восприимчивость задана следующим соотношением

$$M = \chi_v \times H \quad (1.4)$$

из чего получается магнитная индукция в виде произведения намагничивания и напряженности магнитного поля

$$B = \mu_0 H + J = \mu_0 (1 + \chi_v) H \quad (1.5)$$

или

$$B = \mu_0 \mu_r H = \mu H \quad (1.6)$$

где

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Гн/м} - \text{магнитная проницаемость пространства,}$$

$$\chi_v - \text{объемная магнитная восприимчивость материала,}$$

$$\mu_r = 1 + \chi_v - \text{относительная магнитная проницаемость материала,}$$

$$\mu = \mu_0 \times \mu_r - \text{абсолютная магнитная проницаемость материала,}$$

B – магнитная индукция в Тл,

H – магнитное поле в А/м,

J – намагничивание в Тл,

M – магнитный дипольный момент единицы объема в А/м.

В последующем рассматривается цилиндрическая слоистая катушка с магнитным сердечником, при этом цилиндрическая геометрия приводит к упрощению в соответствии с законом Био-Савара.

При O в качестве центра цилиндрической катушки и (Ox) в качестве оси, магнитная индукция в точке $M(x)$ на оси (Ox) равна

$$\left\{ \begin{array}{l} \vec{B}(x)_{ox} = \pm \|\vec{B}(x)_{ox}\| \vec{e}_{ox} \\ \|\vec{B}(x)_{ox}\| = \mu \frac{NI}{4a} \left\{ \frac{(x+a)}{\sqrt{(R^2 + (x+a)^2)}} - \frac{(x-a)}{\sqrt{(R^2 + (x-a)^2)}} \right\} \end{array} \right\} \quad (2.1)$$

где

$\vec{e}_{ox}$ – единичный вектор оси (Ox) ,

μ – абсолютная магнитная проницаемость ферромагнитного сердечника,

N – количество полных витков,

$L=2a$ – длина катушки в м,

R – внутренний радиус катушки в м,

I – сила тока внутри катушки в А.

На концах ($x=-a$ и $x=+a$) магнитных полюсов напряженность поля индукции в соответствии с законом Тесла составляет:

$$B_0 = \|\vec{B}(x=\pm a)_{ox}\| = \frac{\mu NI}{2\sqrt{(R^2 + (2a)^2)}} \quad (2.2)$$

Из уравнения (1.6) выводится напряженность магнитного поля на концах электромагнитных полюсов в А/м.

$$H_0 = \|\vec{H}_M(x=\pm a)_{ox}\| = \frac{NI}{2\sqrt{(R^2 + (2a)^2)}} \quad (2.3),$$

при этом из уравнений (1.4) и (1.6) получается момент магнитного диполя в А/м:

$$\left\{ \begin{array}{l} \vec{M}_0 = \pm \|\vec{M}_0\| \vec{e}_{ox} \\ \|\vec{M}_0\| = \pm \chi_v \frac{B_0}{\mu} \vec{e}_{ox} = \pm \frac{\chi_v NI}{2\sqrt{(R^2 + L^2)}} \vec{e}_{ox} \end{array} \right\} \quad (2.4)$$

Наконец, момент магнитного двухполюсника можно выразить как:

$$\vec{m} = \vec{M}_0 V = \pm \frac{\chi_v NI \pi L^2}{2\sqrt{(R^2 + L^2)}} \vec{e}_{ox} \quad (2.5),$$

где, как известно, $V = \pi R^2 L$ является объемом электромагнитного сердечника.

В соответствии с известной моделью Гильберта, магнитные диполи соответствуют двум магнитным зарядам $+q_m$ и $-q_m$, при этом диполи находятся на расстоянии L друг от друга. Положительный

магнитный заряд является северным полюсом, отрицательный магнитный заряд – южным полюсом.

Момент магнитного диполя ориентирован от северного полюса к южному полюсу.

$$\vec{m} = \pm q_m L \vec{e}_{ox} \quad (2.6),$$

где

q_m – величина магнитных полюсов электромагнита в А.м,

L – расстояние между магнитными полюсами в м.

Из комбинации уравнений (2.5) и (2.6) получается:

$$q_m = \frac{\|\vec{M}_0\| V}{L} = \frac{\chi_v N I \pi l^2}{2\sqrt{(R^2 + L^2)}} \quad (2.7),$$

где

q_m – величина магнитных полюсов электромагнита в А.м,

χ_v – объемная восприимчивость материала,

N – количество полных витков,

$L=2a$ – длина катушки в м,

R – внутренний радиус катушки в м,

I – сила тока внутри катушки в А.

В последующем рассматривается вариант выполнения магнитного привода, согласно изобретению, содержащего три выровненных на одной оси электромагнита, при этом первый и второй электромагнит установлены неподвижно и обозначаются в последующем статорами. Статоры расположены на одной оси на расстоянии d друг от друга. Статоры в рамках данного раскрытия достаточно характеризуются следующими параметрами:

N_s – количество полных витков катушки статора,

L_s – длина статора в м,

R_s – радиус катушки статора в м,

I_s – сила тока внутри катушки статора в А.

χ_{vs} – объемная магнитная восприимчивость ферромагнитного сердечника статора и

$$d = \|\vec{O}O_2\|$$

– расстояние между обоими статорами.

Третий магнит расположен подвижно на заданной двумя

статорами оси и между двумя статорами. Третий магнит обозначается в последующем транслятором и достаточно определен с помощью следующих параметров:

N_t – количество полных витков катушки транслятора,

L_t – длина транслятора в м,

R_t – радиус катушки транслятора в м,

I_{st} – сила тока внутри катушки транслятора в А.

χ_{vT} – объемная магнитная восприимчивость ферромагнитного сердечника транслятора и

$\delta = d - L_s - L_t$ – участок пути, по которому проходит транслятор при движении между статорами.

Статоры электрически соединены с источником постоянного тока $+I_s$ и $-I_s$, за счет чего сила магнитных полюсов по модулю в абсолютных значениях является одинаковой, однако образующиеся индукционные поля направлены в противоположных направлениях.

Полярность статоров и транслятора следует выбирать как показано на фиг. 1 и 2, с целью обеспечения движения транслятора за счет силы отталкивания и силы притяжения, которые описываются с помощью получаемой из них результирующей схемой действия сил.

Ниже вычисляется результирующая схема действия сил, которая получается при выборе полярности статора и транслятора в соответствии с фиг. 1. Показанная на фиг. 1 полярность транслятора обозначается также «отрицательной» поляризацией транслятора, то есть магнитный дипольный момент $\vec{m}_t$ ориентирован в направлении $-\vec{e}_{ox}$.

С применением уравнения (2.5) получается

$$\left\{ \begin{array}{l} \vec{m}_{s1} = + \frac{\chi_{vs} N_s I_s \pi R_s^2 L_s}{2\sqrt{(R_s^2 + L_s^2)}} \vec{e}_{ox} \\ \vec{m}_{s2} = - \frac{\chi_{vs} N_s I_s \pi R_s^2 L_s}{2\sqrt{(R_s^2 + L_s^2)}} \vec{e}_{ox} \\ \vec{m}_t = - \frac{\chi_{vt} N_t I_t \pi R_t^2 L_t}{2\sqrt{(R_t^2 + L_t^2)}} \vec{e}_{ox} \end{array} \right\} \quad (3.1) \text{ и}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} q_{s1} = \frac{\chi_{vs} N_s I_s \pi R_s^2}{2\sqrt{(R_s^2 + L_s^2)}} \\ q_{s2} = \frac{\chi_{vs} N_s I_s \pi R_s^2}{2\sqrt{(R_s^2 + L_s^2)}} \\ q_t = \frac{\chi_{vt} N_t I_t \pi R_t^2}{2\sqrt{(R_t^2 + L_t^2)}} \end{array} \right\} \quad (3.2).$$

Со ссылкой на модель Гильберта принимается, что возникающие между магнитами магнитные силы возникают вследствие происходящего взаимодействия магнитных зарядов вблизи полюсов магнитных диполей.

Силы взаимодействия между магнитными полюсами определяются уравнением (3.3).

$$\vec{F} = \mu_0 \frac{q_a q_b}{4\pi r^2} \vec{e}_{ox} \quad (3.3),$$

где

q_i – сила магнитного полюса,

r – расстояние между магнитными полюсами.

Происходящее взаимодействие между статорами и транслятором вызывает результирующую схему действия сил, которая действует на транслятор. Эта результирующая схема действия сил имеет одинаковое с осью (Ox) направление и направлена в направлении $\vec{e}_{ox}$ (на фиг. 1 слева направо).

С учетом $\delta = r_1 + r_2 = d - L_s - L_t$ для расстояния движения транслятора между статорами получается

$$\left\{ \begin{array}{l} r_1 = X_t - \frac{L_s + L_t}{2} \\ r_2 = \delta + \frac{L_s + L_t}{2} - X_t \end{array} \right\}$$

где $X_t \in J \frac{L_s + L_t}{2}; \frac{L_s + L_t}{2} + \delta[$ – положение средней точки транслятора на оси (Ox). С применением известной модели Гильберта можно вычислять результирующую схему действия сил посредством следующего суммирования восьми взаимодействия между магнитными полюсами.

При $-q_{sl} \Leftrightarrow +q_t$, для взаимодействия сил притяжения между левым статором и транслятором при расстоянии $L_s + r_l$ справедливо:

$$\left\{ \begin{array}{l} \vec{F}_{slata}(r_1) = -\frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q_{sl}q_t}{(L_s + r_l)^2} \vec{e}_{ox} \\ \vec{F}_{slata}(X_t) = -\frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q_{sl}q_t}{\left(X_t + \frac{L_s - L_t}{2}\right)^2} \vec{e}_{ox} \end{array} \right\},$$

при $-q_{sl} \Leftrightarrow -q_t$ взаимодействие сил отталкивания при расстоянии $L_s + r_1$:

$$\left\{ \begin{array}{l} \vec{F}_{slatb}(r_1) = +\frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q_{sl}q_t}{(r_1 + L_s + L_t)^2} \vec{e}_{ox} \\ \vec{F}_{slatb}(X_t) = +\frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q_{sl}q_t}{\left(X_t + \frac{L_s + L_t}{2}\right)^2} \vec{e}_{ox} \end{array} \right\},$$

при $+q_{sl} \Leftrightarrow +q_t$ взаимодействие сил отталкивания при расстоянии r_1 :

$$\left\{ \begin{array}{l} \vec{F}_{slbta}(r_1) = +\frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q_{sl}q_t}{r_1^2} \vec{e}_{ox} \\ \vec{F}_{slbta}(X_t) = +\frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q_{sl}q_t}{\left(X_t - \frac{L_s + L_t}{2}\right)^2} \vec{e}_{ox} \end{array} \right\},$$

при $+q_{sl} \Leftrightarrow -q_t$ силы притяжения при расстоянии $r_1 + L_t$:

$$\left\{ \begin{array}{l} \vec{F}_{slbtb}(r_1) = -\frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q_{sl}q_t}{(r_1 + L_t)^2} \vec{e}_{ox} \\ \vec{F}_{slbtb}(X_t) = -\frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q_{sl}q_t}{\left(X_t + \frac{L_t - L_s}{2}\right)^2} \vec{e}_{ox} \end{array} \right\},$$

при $+q_{s2} \Leftrightarrow +q_t$ для взаимодействия сил отталкивания при расстоянии между правым статором и транслятором $L_t + r_2$ справедливо:

$$\left\{ \begin{array}{l} \vec{F}_{s2ata}(r_2) = -\frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q_{s2}q_t}{(r_2 + L_t)^2} \vec{e}_{OX} \\ \vec{F}_{s2ata}(X_t) = -\frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q_{s2}q_t}{\left(\delta + \frac{L_s}{2} + \frac{3L_t}{2} - X_t\right)^2} \vec{e}_{OX} \end{array} \right\},$$

$+q_{s2} \leftrightarrow -q_t$ силы притяжения при расстоянии r_2 :

$$\left\{ \begin{array}{l} \vec{F}_{s2atb}(r_2) = +\frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q_{s2}q_t}{r_2^2} \vec{e}_{OX} \\ \vec{F}_{s2atb}(X_t) = +\frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q_{s2}q_t}{\left(\delta + \frac{L_s + L_t}{2} - X_t\right)^2} \vec{e}_{OX} \end{array} \right\},$$

$-q_{s2} \leftrightarrow +q_t$ силы притяжения при расстоянии $L_s + r_2 + L_t$:

$$\left\{ \begin{array}{l} \vec{F}_{s2bta}(r_2) = +\frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q_{s2}q_t}{(r_2 + L_s + L_t)^2} \vec{e}_{OX} \\ \vec{F}_{s2bta}(X_t) = +\frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q_{s2}q_t}{\left(\delta + 3\frac{L_s + L_t}{2} - X_t\right)^2} \vec{e}_{OX} \end{array} \right\},$$

$-q_{s2} \leftrightarrow -q_t$ силы отталкивания при расстоянии $r_2 + L_s$:

$$\left\{ \begin{array}{l} \vec{F}_{s2btb}(r_2) = -\frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q_{s2}q_t}{(r_2 + L_s)^2} \vec{e}_{OX} \\ \vec{F}_{s2btb}(X_t) = -\frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q_{s2}q_t}{\left(\delta + \frac{3L_s}{2} + \frac{L_t}{2} - X_t\right)^2} \vec{e}_{OX} \end{array} \right\}.$$

Действующая на транслятор результирующая схема действия сил является векторной суммой всех взаимодействий:

$$\vec{F}_{TOT}(X_t) = \sum_{\substack{i=a,b \\ j=a,b}} \vec{F}_{slitj}(X_t) + \sum_{\substack{i=a,b \\ j=a,b}} \vec{F}_{s2itj}(X_t)$$

$$\vec{F}_{TOT}(X_t) = \frac{\mu_0 q_t}{4\pi} \left\{ \begin{aligned} & \frac{q_{sl}}{\left(X_t + \frac{L_s + L_t}{2}\right)^2} \\ & + \frac{q_{sl}}{\left(X_t - \frac{L_s + L_t}{2}\right)^2} \\ & + \frac{q_{s2}}{\left(\delta + \frac{L_s + L_t}{2} - X_t\right)^2} \\ & + \frac{q_{s2}}{\left(\delta + 3\frac{L_s + L_t}{2} - X_t\right)^2} \end{aligned} \right\} - \left\{ \begin{aligned} & + \frac{q_{sl}}{\left(X_t + \frac{L_s - L_t}{2}\right)^2} \\ & + \frac{q_{sl}}{\left(X_t + \frac{L_t - L_s}{2}\right)^2} \\ & + \frac{q_{s2}}{\left(\delta + \frac{L_s}{2} + \frac{3L_t}{2} - X_t\right)^2} \\ & + \frac{q_{s2}}{\left(\delta + \frac{3L_s}{2} + \frac{L_t}{2} - X_t\right)^2} \end{aligned} \right\} \vec{e}_{OX} \quad (3.4),$$

где

$$X_t \in \left[\frac{L_s + L_t}{2}, \delta + \frac{L_s + L_t}{2} \right] \quad - \text{положение транслятора},$$

$$\delta = d - L_s - L_t \quad - \text{участок пути транслятора},$$

$$\left\{ \begin{aligned} q_{sl} &= \frac{\chi_{vs} N_s I_s \pi R_s^2}{2\sqrt{(R_s^2 + L_s^2)}} \\ q_{s2} &= \frac{\chi_{vs} N_s I_s \pi R_s^2}{2\sqrt{(R_s^2 + L_s^2)}} \\ q_t &= \frac{\chi_{vt} N_t I_t \pi R_t^2}{2\sqrt{(R_t^2 + L_t^2)}} \end{aligned} \right\}.$$

Далее вычисляется результирующая схема действия сил, которая получается при выборе полярности статоров и транслятора в соответствии с фиг. 2. Показанные на фиг. 2 полярности транслятора обозначаются также «положительной» полярностью транслятора, то есть магнитный дипольный момент $\vec{m}_t$ ориентирован в направлении $\vec{e}_{OX}$.

Из уравнения (3.1) и уравнения (3.2) получается уравнение (3.2'):

$$\left\{ \begin{array}{l} \vec{m}_{s1} = + \frac{\chi_{Vs} N_s I_s \pi R_s^2 L_s}{2\sqrt{(R_s^2 + L_s^2)}} \vec{e}_{OX} \\ \vec{m}_{s2} = + \frac{\chi_{Vs} N_s I_s \pi R_s^2 L_s}{2\sqrt{(R_s^2 + L_s^2)}} \vec{e}_{OX} \\ \vec{m}_t = - \frac{\chi_{Vt} N_t I_t \pi R_t^2 L_t}{2\sqrt{(R_t^2 + L_t^2)}} \vec{e}_{OX} \end{array} \right\} \quad (3.1') \text{ и}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} q_{s1} = \frac{\chi_{Vs} N_s I_s \pi R_s^2}{2\sqrt{(R_s^2 + L_s^2)}} \\ q_{s2} = \frac{\chi_{Vs} N_s I_s \pi R_s^2}{2\sqrt{(R_s^2 + L_s^2)}} \\ q_t = \frac{\chi_{Vt} N_t I_t \pi R_t^2}{2\sqrt{(R_t^2 + L_t^2)}} \end{array} \right\} \quad (3.2')$$

При $\vec{F}_{xxx}(X_t)'$ в качестве силы, вызываемой взаимодействием между статорами и транслятором, при поляризации транслятора согласно фиг. 1, и $\vec{F}_{xxx}(X_t)$ в качестве аналогичной силы при поляризации транслятора согласно фиг. 2, получаются следующие соотношения для взаимодействия между полюсами:

$$\left\{ \begin{array}{l} \vec{F}_{s1ata}(X_t)' = -\vec{F}_{s1ata}(X_t) \\ \vec{F}_{s1atb}(X_t)' = -\vec{F}_{s1atb}(X_t) \\ \vec{F}_{s1bta}(X_t)' = -\vec{F}_{s1bta}(X_t) \\ \vec{F}_{s1btb}(X_t)' = -\vec{F}_{s1btb}(X_t) \end{array} \right\} \text{ и}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \vec{F}_{s2ata}(X_t)' = -\vec{F}_{s2ata}(X_t) \\ \vec{F}_{s2atb}(X_t)' = -\vec{F}_{s2atb}(X_t) \\ \vec{F}_{s2bta}(X_t)' = -\vec{F}_{s2bta}(X_t) \\ \vec{F}_{s2btb}(X_t)' = -\vec{F}_{s2btb}(X_t) \end{array} \right\},$$

откуда следует

$$\vec{F}_{TOT}(X_t)' = \sum_{\substack{i=a,b \\ j=a,b}} \vec{F}_{s1ij}(X_t)' + \sum_{\substack{i=a,b \\ j=a,b}} \vec{F}_{s2ij}(X_t)' = - \left\{ \sum_{\substack{i=a,b \\ j=a,b}} \vec{F}_{s1ij}(X_t) + \sum_{\substack{i=a,b \\ j=a,b}} \vec{F}_{s2ij}(X_t) \right\} = - \left\{ \vec{F}_{TOT}(X_t) \right\}.$$

Для показанных на фиг. 1 условий с учетом, что

N_x – количество витков катушки транслятора, соответственно,

статора,

L_x – длина статора, соответственно, транслятора в м,

R_x – радиус статора, соответственно, транслятора в м,

I_x – сила тока внутри катушки транслятора, соответственно, статора, в А,

χ_{vx} – объемная магнитная восприимчивость ферромагнитного сердечника статора, соответственно, транслятора, и

статор #1 поляризован так, что $\vec{m}_{s1} = -\|\vec{m}_{s1}\|\vec{e}_{ox}$ и

статор #2 поляризован так, что $\vec{m}_{s2} = +\|\vec{m}_{s2}\|\vec{e}_{ox}$, справедливо:

$$\vec{F}_{TOT}(X_t) = \frac{\mu_0 q_t}{4\pi} \left\{ \left[\begin{aligned} & \frac{q_{s1}}{\left(X_t + \frac{L_s + L_t}{2}\right)^2} \\ & + \frac{q_{s1}}{\left(X_t - \frac{L_s + L_t}{2}\right)^2} \\ & + \frac{q_{s2}}{\left(\delta + \frac{L_s + L_t}{2} - X_t\right)^2} \\ & + \frac{q_{s2}}{\left(\delta + 3\frac{L_s + L_t}{2} - X_t\right)^2} \end{aligned} \right] - \left[\begin{aligned} & + \frac{q_{s1}}{\left(X_t + \frac{L_s - L_t}{2}\right)^2} \\ & + \frac{q_{s1}}{\left(X_t + \frac{L_t - L_s}{2}\right)^2} \\ & + \frac{q_{s2}}{\left(\delta + \frac{L_s}{2} + \frac{3L_t}{2} - X_t\right)^2} \\ & + \frac{q_{s2}}{\left(\delta + \frac{3L_s}{2} + \frac{L_t}{2} - X_t\right)^2} \end{aligned} \right] \right\} \vec{p}_{translator} \quad (3.6),$$

где

$\vec{p}_{translator} = \pm \vec{e}_{ox}$ – направление магнитного дипольного момента ($\vec{m}_t = \|\vec{m}_t\|\vec{p}_{translator}$) транслятора; это направление задано направлением напряжением переменного тока I_t внутри транслятора,

$$\left\{ \begin{aligned} q_{s1} &= \frac{\chi_{Vs} N_s I_s \pi R_s^2}{2\sqrt{(R_s^2 + L_s^2)}} \\ q_{s2} &= \frac{\chi_{Vs} N_s I_s \pi R_s^2}{2\sqrt{(R_s^2 + L_s^2)}} \\ q_t &= \frac{\chi_{Vt} N_t I_t \pi R_t^2}{2\sqrt{(R_t^2 + L_t^2)}} \end{aligned} \right\} \quad - \text{силы магнитных полюсов},$$

$$X_t \in \left[\frac{L_s + L_t}{2}; \delta + \frac{L_s + L_t}{2} \right] \quad - \text{положение транслятора},$$

$\delta = d - L_s - L_t$ – участок пути транслятора,

$d = \|\vec{OO}_2\|$ – заданное расстояние между статорами.

При одинаковой длине электромагнитов $L_s = L_t = L$, уравнение (3.6) может быть упрощено следующим образом:

$$\vec{F}_{TOT}(X_t) = \frac{\mu_0 q_t}{4\pi} \left\{ \left[\begin{aligned} &\frac{q_{s1}}{(X_t + L)^2} \\ &+ \frac{q_{s1}}{(X_t - L)^2} \\ &+ \frac{q_{s2}}{(\delta + L - X_t)^2} \\ &+ \frac{q_{s2}}{(\delta + 3L - X_t)^2} \end{aligned} \right] - \left[\begin{aligned} &+ \frac{2q_{s1}}{X_t^2} \\ &+ \frac{2q_{s2}}{(\delta + 2L - X_t)^2} \end{aligned} \right] \right\} \vec{P}_{translator} \quad (3.7)$$

Последующие выкладки основаны на принятом упрощении, что силы полюсов магнитов являются неизменными, хотя в реальности при движении транслятора между статорами образуется магнитное поле индукции (Ox) .

При этом справедливо уравнение (4.1a):

$$\vec{B}_{TOT}(X_t, x)_{Ox} = \vec{B}_{s1}(x)_{Ox} + \vec{B}_{s2}(x)_{Ox} + \vec{B}_t(X_t, x)_{Ox} \quad (4.1a),$$

где

$\vec{B}_{TOT}(X_t, x)_{Ox}$ – полное индукционное поле на оси (Ox) в положении x , когда транслятор достиг положения X_t ,

$\vec{B}_{s1}(x)_{Ox}$ – индукционное поле первого статора на оси (Ox) в положении x ,

$\vec{B}_{s2}(x)_{Ox}$ – индукционное поле второго статора на оси (Ox) в положении x ,

$\vec{B}_t(X_t, x)_{Ox}$ – индукционное поле транслятора на оси (Ox) в положении X_t .

Величина магнитного индукционного поля уже задана уравнением (2.1), откуда можно вывести величину магнитного индукционного поля между первым статором и транслятором.

$$\begin{aligned}
\|\bar{B}_{s_l}(x)_{Ox}\| &= \mu_{s_l} \frac{N_{s_l} I_{s_l}}{4a_{s_l}} \left\{ \frac{(x+a_{s_l})}{\sqrt{(R_{s_l}^2 + (x+a_{s_l})^2)}} - \frac{(x-a_{s_l})}{\sqrt{(R_{s_l}^2 + (x-a_{s_l})^2)}} \right\} \\
\|\bar{B}_{s_2}(x')_{O2x}\| &= \mu_{s_2} \frac{N_{s_2} I_{s_2}}{4a_{s_2}} \left\{ \frac{(x'+a_{s_2})}{\sqrt{(R_{s_2}^2 + (x'+a_{s_2})^2)}} - \frac{(x'-a_{s_2})}{\sqrt{(R_{s_2}^2 + (x'-a_{s_2})^2)}} \right\} \\
\|\bar{B}_t(x'')_{Tx}\| &= \mu_t \frac{N_t I_t}{4a_t} \left\{ \frac{(x''+a_t)}{\sqrt{(R_t^2 + (x''+a_t)^2)}} - \frac{(x''-a_t)}{\sqrt{(R_t^2 + (x''-a_t)^2)}} \right\}
\end{aligned} \tag{4.1b},$$

где

x – положение на оси (Ox) , относительно которого вычисляется

$$\|\bar{B}_{s_l}(x)_{Ox}\|,$$

x' – положение на оси (Ox) , относительно которого

$$\|\bar{B}_{s_2}(x')_{O2x}\|$$

вычисляется,

x'' – положение (Tx) на оси (Ox) , относительно которого

$$\|\bar{B}_t(x'')_{Tx}\|$$

вычисляется.

При $\begin{cases} \vec{0}_2 M = \vec{0}_2 0 + \vec{0} M \\ \vec{T} M = \vec{T} 0 + \vec{0} M \end{cases}$ можно выразить $\|\bar{B}_{s_2}(x)_{Ox}\|$ и $\|\bar{B}_{s_2}(x)_{Ox}\|$ с

применением $\boxed{\begin{cases} x' = x - d \\ x'' = x - X_t \end{cases}}$ в качестве изменений переменных:

$$\begin{aligned}
\|\bar{B}_{s_l}(x)_{Ox}\| &= \mu_{s_l} \frac{N_{s_l} I_{s_l}}{4a_{s_l}} \left\{ \frac{(x+a_{s_l})}{\sqrt{(R_{s_l}^2 + (x+a_{s_l})^2)}} - \frac{(x-a_{s_l})}{\sqrt{(R_{s_l}^2 + (x-a_{s_l})^2)}} \right\} \\
\|\bar{B}_{s_2}(x)_{Ox}\| &= \mu_{s_2} \frac{N_{s_2} I_{s_2}}{4a_{s_2}} \left\{ \frac{(x-d+a_{s_2})}{\sqrt{(R_{s_2}^2 + (x-d+a_{s_2})^2)}} - \frac{(x-d-a_{s_2})}{\sqrt{(R_{s_2}^2 + (x-d-a_{s_2})^2)}} \right\} \\
\|\bar{B}_t(X_t, x)_{Ox}\| &= \mu_t \frac{N_t I_t}{4a_t} \left\{ \frac{(x-X_t+a_t)}{\sqrt{(R_t^2 + (x-X_t+a_t)^2)}} - \frac{(x-X_t-a_t)}{\sqrt{(R_t^2 + (x-X_t-a_t)^2)}} \right\}
\end{aligned} \tag{4.2a}$$

На оси (Ox) индукционное поле ориентировано в том же направлении, что и магнитный дипольный момент. С учетом того, что

$$\bar{B}_{TOT}(X_t, x)_{Ox} = \|\bar{B}_{s_l}(x)_{Ox}\| - \|\bar{B}_{s_2}(x)_{Ox}\| \vec{e}_{Ox} + \|\bar{B}_t(X_t, x)_{Ox}\| \vec{p}_t \tag{4.2b},$$

где

$\vec{e}_{Ox}$ – единичный вектор направления оси (Ox) ,

$\vec{p}_{translator} = \pm \vec{e}_{Ox}$ – направление магнитного дипольного момента транслятора,

получается $(\vec{m}_t = \|\vec{m}_t\| \vec{p}_{translator})$.

Направление задано направлением переменного напряжения I_t внутри транслятора. При совместном рассмотрении уравнений (1.4), (1.6) и (2.5) получается:

$$q_m = \frac{\|\vec{M}\|V}{L} = \|\vec{M}\| \pi R^2 = \frac{\chi_v}{\mu} \pi R^2 \|\vec{B}\| = \frac{\mu_r - 1}{\mu_0 \mu_r} \pi R^2 \|\vec{B}\| \quad (4.3a).$$

Поскольку справедливо

$$\left\{ \begin{array}{l} q_{s1a}(X_t) = \frac{\mu_{Rs} - 1}{\mu_0 \mu_{Rs}} \pi R_s^2 \|\vec{B}_{TOT}(X_t, x = -a_s)\| \\ q_{s1b}(X_t) = \frac{\mu_{Rs} - 1}{\mu_0 \mu_{Rs}} \pi R_s^2 \|\vec{B}_{TOT}(X_t, x = +a_s)\| \end{array} \right\} \quad (4.4a)$$

для статора #1:

$$\left\{ \begin{array}{l} q_{s2a}(X_t) = \frac{\mu_{Rs} - 1}{\mu_0 \mu_{Rs}} \pi R_s^2 \|\vec{B}_{TOT}(X_t, x = d - a_s)\| \\ q_{s2b}(X_t) = \frac{\mu_{Rs} - 1}{\mu_0 \mu_{Rs}} \pi R_s^2 \|\vec{B}_{TOT}(X_t, x = d + a_s)\| \end{array} \right\} \quad (4.4b)$$

для статора #2:

$$\left\{ \begin{array}{l} q_{ta}(X_t) = \frac{\mu_{Rt} - 1}{\mu_0 \mu_{Rt}} \pi R_t^2 \|\vec{B}_{TOT}(X_t, x = X_t - a_t)\| \\ q_{tb}(X_t) = \frac{\mu_{Rt} - 1}{\mu_0 \mu_{Rt}} \pi R_t^2 \|\vec{B}_{TOT}(X_t, x = X_t + a_t)\| \end{array} \right\} \quad (4.4c),$$

для транслятора:

то уравнение (3.6) принимает вид:

$$\vec{F}_{TOT}(X_t) = \frac{\mu_0}{4\pi} \left\{ \left[\begin{aligned} & \frac{q_{s1a}(X_t)q_{tb}(X_t)}{\left(X_t + \frac{L_s + L_t}{2}\right)^2} \\ & + \frac{q_{s1b}(X_t)q_{ta}(X_t)}{\left(X_t - \frac{L_s + L_t}{2}\right)^2} \\ & + \frac{q_{s2a}(X_t)q_{tb}(X_t)}{\left(\delta + \frac{L_s + L_t}{2} - X_t\right)^2} \\ & + \frac{q_{s2b}(X_t)q_{ta}(X_t)}{\left(\delta + 3\frac{L_s + L_t}{2} - X_t\right)^2} \end{aligned} \right] - \left[\begin{aligned} & + \frac{q_{s1a}(X_t)q_{ta}(X_t)}{\left(X_t + \frac{L_s - L_t}{2}\right)^2} \\ & + \frac{q_{s1b}(X_t)q_{tb}(X_t)}{\left(X_t + \frac{L_t - L_s}{2}\right)^2} \\ & + \frac{q_{s2a}(X_t)q_{ta}(X_t)}{\left(\delta + \frac{L_s}{2} + \frac{3L_t}{2} - X_t\right)^2} \\ & + \frac{q_{s2b}(X_t)q_{tb}(X_t)}{\left(\delta + \frac{3L_s}{2} + \frac{L_t}{2} - X_t\right)^2} \end{aligned} \right] \right\} \vec{P}_{translator} \quad (4.5),$$

где

$$X_t \in \left[\frac{L_s + L_t}{2}; \delta + \frac{L_s + L_t}{2} \right] \text{ — положение транслятора,}$$

$$\delta = d - L_s - L_t \text{ — участок пути движения транслятора,}$$

$$d = \|\vec{OO}_2\| \text{ — расстояние между центрами статоров.}$$

Силы магнитных полюсов вычисляются с применением уравнений (4.4a) для первого статора, уравнения (4.4b) для второго статора и уравнения (4.4c) для транслятора. Вычисление сил магнитных полюсов включает вычисление полного магнитного индукционного поля на полюсах. Это осуществляется с применением уравнений (4.2a) и (4.2b).

Уравнение (4.5) является функцией зависимости положения транслятора между полюсами. Действующая на транслятор результирующая схема действия сил складывается из действующей между первым статором и транслятором силы отталкивания и действующей между вторым статором и транслятором силы притяжения. Зависимость соответствующих сил показана на фиг. 3a, 3b, 3c.

Кроме того, из приведенных выше математических выкладок следует, что при одном положении транслятора относительно статора сила притяжения и, при изменении полярности статора или транслятора, сила отталкивания имеют различную величину.

Магнитное устройство, согласно изобретению, основывается на

том, что за счет полярности статора или транслятора создается результирующая схема действия сил, которая действует на транслятор и вызывает его движение.

В одном варианте выполнения магнитного устройства, согласно изобретению, может быть предусмотрено, что статор выполнен в виде постоянного магнита, а транслятор – в виде электромагнита.

Этот вариант выполнения при применении магнитного устройства, согласно изобретению, в качестве магнитного привода имеет тот недостаток, что кабель, соединяющий транслятор с системой электроснабжения, подвергается перемещению по меньшей мере на участках зон вследствие соединения с транслятором. Однако при применении $n = 1, 2, 3, \dots$ статоров и $n-1$ расположенных между статорами трансляторов, выполнение трансляторов в виде электромагнитов приводит к тому, что $n-1$ трансляторов меняют полярность на меньшую, чем n статоров.

В другом варианте выполнения магнитного устройства, согласно изобретению, может быть предусмотрено, что статор выполнен в виде электромагнита, а транслятор – в виде постоянного магнита.

Этот вариант выполнения магнитного устройства, согласно изобретению, при применении в качестве магнитного привода характеризуется тем, что статор в виде неподвижного магнита соединен с системой электроснабжения. Это имеет то преимущество, что кабель, соединяющий систему электроснабжения и статор, не приводится в движение. Однако при применении $n=1, 2, 3, \dots$ статоров и $n-1$ расположенных между статорами трансляторов, выполнение статоров в виде электромагнитов приводит к тому, что n статоров меняют полярность на большую, чем $n-1$ трансляторов.

Статоры и трансляторы могут быть выполнены в виде электромагнитов или в виде постоянных магнитов.

Выполнение по меньшей мере одного статора и транслятора в виде постоянного магнита относится к случаю применения резистивного элемента. При этом движение статора ограничивается за счет активации сил отталкивания между одинаковыми полюсами статора и транслятора.

В одном варианте выполнения магнитного устройства, согласно изобретению, может быть предусмотрено, что статор состоит из

нескольких отдельных магнитов статора и/или транслятор состоит из нескольких отдельных магнитов транслятора.

Предпочтительно, отдельные магниты расположены так, что за счет наложения друг на друга отдельных магнитных полей создается бóльшая сила притяжения, соответственно, сила отталкивания, которая действует между статорами и транслятором.

Управляющее устройство может содержать распорный элемент, расположенный между статором и транслятором, и/или механическую принудительную систему, ограничивающую движение транслятора.

Распорный элемент может содержать переключатель, с помощью которого вызывается изменение полярности статора и/или транслятора и/или изменение силы полюсов статора или транслятора.

Управляющее устройство может содержать устройство измерения расстояния и/или устройство измерения времени, с помощью которого управляющее устройство в зависимости от положения транслятора относительно статора и/или в зависимости от периода времени может изменять поляризацию статора и/или транслятора и/или напряженность поля статора и/или транслятора.

В одном варианте выполнения магнитное устройство, согласно изобретению, содержит по меньшей мере один управляющий блок, который управляет положением транслятора относительно статора. Управляющее устройство соединено с устройством измерения положения, которое измеряет положение транслятора относительно статора с помощью способов измерения, в частности способов измерения расстояния и способов измерения положения, согласно уровню техники, и возможно с учетом положения транслятора относительно статора устанавливает полярность статора или транслятора.

Управляющее устройство никоим образом не ограничивается измерением определенного положения транслятора или констатацией достижения определенного положения транслятором. Управляющее устройство может содержать другие устройства, такие как, например, средства измерения положения или средства измерения скорости для измерения положения транслятора или скорости

транслятора в любом положении транслятора.

Измерение положения или скорости транслятора в любом положении может быть предпочтительным в отношении управления движением транслятора в положении с определенным расстоянием до статора, в частности, при высокой скорости транслятора, тем более что необходимо обеспечить торможение и ускорение транслятора в определенном положении с определенным расстоянием до статора.

Определение положения транслятора не ограничивается лишь измерением положения транслятора относительно статора. Определение положения транслятора можно выполнять относительно любой опорной точки.

Другой вариант выполнения магнитного устройства, согласно изобретению, характеризуется тем, что транслятор соединен с механической принудительной системой, такой как, например, коленчатый вал, при этом с помощью этой принудительной системы осуществляется управление движением транслятора, точнее, максимальными амплитудами движения транслятора с сохранением расстояния от транслятора до статора. Механическая принудительная система может быть соединена с подлежащим приведению в действие с помощью соединительного устройства, согласно изобретению, элементом, таким как, например, колесо, или же выполнена в виде его.

При линейном движении транслятора возможно расположение отдельных магнитов статора на статоре и/или отдельных магнитов транслятора на трансляторе вдоль образующей многоугольник линии вокруг оси многоугольника, ориентированной параллельно направлению движения транслятора.

Направление движения транслятора и вызываемые соответствующими магнитными полями силы притяжения и силы отталкивания ориентированы параллельно друг другу.

При вращательном движении транслятора возможно расположение отдельных магнитов статора и/или отдельных магнитов транслятора на статоре, соответственно, на трансляторе вдоль образующей многоугольник линии вокруг оси, ориентированной параллельно направлению движения транслятора.

Соответствующее направление движения транслятора и вызываемые соответствующими магнитными полями силы притяжения и силы отталкивания ориентированы параллельно друг другу.

Транслятор может быть установлен подвижно относительно статора с помощью по меньшей мере одного направляющего блока, при этом направляющая ось направляющего блока проходит через статор в зоне между двумя непосредственно соседними отдельными магнитами статора и через транслятор в зоне между двумя непосредственно соседними отдельными магнитами транслятора.

За счет расположения, согласно изобретению, направляющего блока, магнитное поле соответствующих отдельных магнитов не искажается за счет наличия направляющего блока.

Объем, расположенный между статором и находящимся в положении с наибольшим расстоянием d до статора транслятором, может быть вакуумом.

За счет создания, согласно изобретению, вакуума или зоны с уменьшенным давлением воздуха, уменьшается сопротивление воздуха, противодействующее движению транслятора. Для создания вакуума магнитное устройство, согласно изобретению, расположено в непроницаемом для воздуха корпусе, при этом приводная ось, токоведущий кабель и так далее проходят через этот корпус.

Перечень позиций:

- 1 Статор
- 2 Транслятор
- 3 Приводная ось
- 4 Отдельные магниты статора
- 5 Отдельные магниты транслятора
- 6 Направление движения транслятора
- 7 Направляющий блок
- 8 Направляющая ось
- 9 Ось
- 10 Многоугольник
- 11 токоведущий кабель
- 12 Сила притяжения
- 13 Сила отталкивания
- 14 Опора статора

- 15 Опорная конструкция
- 16 Положение статора
- 17 Диск
- 18 Средняя точка диска
- 19,19' Стержень
- 20,20' Магнитный привод
- 21 Диапазон вычислений
- 22 Сердечник
- 23 Катушка

На чертежах изображено:

фиг. 1 и 2 – вариант выполнения магнитного устройства, согласно изобретению, в качестве магнитного привода 20 вместе с применяемыми в описании переменными;

фиг. 3а-3с – диаграммы величин действующих на транслятор сил в зависимости от расстояния положения транслятора до статоров;

фиг. 4 и 5 – другой вариант выполнения магнитного устройства, согласно изобретению, в качестве магнитного привода;

фиг. 6 – другой вариант выполнения магнитного устройства, согласно изобретению, в качестве магнитного привода, аналогичный показанному на фиг. 1 и 2 варианту выполнения;

фиг. 7 – другой вариант выполнения магнитного устройства, согласно изобретению, в качестве магнитного привода;

фиг. 8 – возможное соединение нескольких магнитных приводов с подлежащим приводу валом;

фиг. 9 – 11 – другой вариант выполнения магнитного устройства, согласно изобретению, в качестве магнитного привода;

фиг. 12 – другой вариант выполнения магнитного устройства, согласно изобретению, в качестве резистивного элемента;

фиг. 13 – вариант выполнения магнитного устройства, согласно изобретению, в изометрической проекции;

фиг. 14 – вариант выполнения магнитного устройства, согласно изобретению, на виде сверху, равнозначный показанному на фиг. 13 варианту выполнения;

фиг. 15 – разрез показанного на фиг. 13 и 14 варианта выполнения магнитного устройства, согласно изобретению, на виде сбоку;

фиг. 16 – расположение элементов в рамках моделирования конечных элементов (FEM) показанного на фиг. 13–15 магнитного устройства;

фиг. 17 и 18 – результат моделирования FEM;

фиг. 19 и 20 – графики к моделированию FEM.

На фиг. 1 и 2 показан вариант выполнения магнитного устройства, согласно изобретению, в качестве магнитного привода 20 вместе с применяемыми в описании переменными. Магнитный привод 20 содержит транслятор 2 и расположенные по сторонам от транслятора 2 статоры 1, 1'. Статоры 1, 1' и транслятор 2 являются электромагнитами, которые ориентированы вдоль одной оси, а именно, в показанном в качестве примера на фиг. 1 и 2 варианте выполнения вдоль приводной оси 3 транслятора. Дипольный момент статоров 1, 1' и транслятора 2 ориентирован параллельно этой оси.

Для попеременного изменения полярности транслятора 2 он через токоведущий кабель 11 соединен с не изображенным источником переменного тока, в то время как статоры 1, 1' соединены с помощью других токоведущих кабелей 11 с не изображенным источником постоянного тока.

Полярность транслятора установлена так, что обращенный к левому статору 1 полюс транслятора 2 имеет одинаковую полярность с ближайшим полюсом левого статора 1, за счет чего возникает сила 13 отталкивания между левым статором 1 и транслятором 2; обращенный к правому статору 1' полюс транслятора 2 имеет разную полярность с ближайшим полюсом правого статора 1', за счет чего возникает сила 12 притяжения между правым статором 1' и транслятором 2. Сила 12 притяжения и сила 13 отталкивания действуют на транслятор 2, и результирующая схема действия сил вызывают движение транслятора 2 в показанном на фиг. 1 направлении 6 движения транслятора слева направо, при этом направление 6 движения транслятора ориентировано к статору 1. Происходящее затем после изменения полярности транслятора 2 движение транслятора в направлении 6 движения транслятора справа налево показано на фиг. 2.

При работе магнитного привода 20 транслятор 2 всегда имеет

определенное расстояние r больше нуля до статора 1. Этот признак (см. отличительную часть пункта 1 формулы изобретения) исключает контакт транслятора 2 со статором 1, 1' при работе магнитного привода 20, согласно изобретению. Расстояние r определено как расстояние между обращенными друг к другу концами полюсов транслятора 2 и соответствующего статора 1, 1'.

При линейном движении транслятора 2 в направлении 6 движения транслятора влево, транслятор 2 достигает положения 16. Положение 16 является конечным положением линейного движения транслятора 2 и характеризуется тем, что транслятор 2, с одной стороны, имеет наименьшее заданное расстояние r_2 до левого статора 1, с другой стороны, имеет наибольшее заданное расстояние r_1 до правого статора 1'. Расстояния r_1 и r_2 заданы так, что после изменения полярности транслятора 2 для выполнения последующего, показанного на фиг. 2 движения транслятора справа налево, действующая на транслятор 2 сила отталкивания, образующаяся за счет одинаковой полярности непосредственно соседних полюсов транслятора 2 и левого статора 1, является максимальной.

Расстояние r задается с помощью управляющего блока, который изменяет полярность транслятора 2, выполненного в виде электромагнита. При достижении транслятором 2 положения 16, происходит изменение полярности транслятора 2, так что транслятор 2 перемещается в противоположном показанному на фиг. 1 направлению движения. За счет изменения полярности статоров 1, 1', между транслятором 2 и левым статором 1 возникают силы отталкивания, между транслятором 2 и правым статором 1' возникают силы притяжения с заданным уровнем энергии, за счет чего достигается показанное на фиг. 2 перемещение транслятора 2 справа налево.

Статор 1 удерживается с помощью опоры 14 статора на опорной конструкции 15.

Транслятор 2 соединен с приводной осью 3, которая в показанном на фиг. 1 варианте выполнения служит также в качестве направляющего блока 7 транслятора. Направляющая ось 8 направляющего блока 7 ориентирована параллельно направлению 6

движения транслятора. Направляющий блок 7 проходит через статоры 1, 1' и через транслятор 2, при этом соответствующее магнитное поле статоров 1, 1' и транслятора 2 претерпевает искажения за счет присутствия направляющего блока 7 в соответствующих магнитных полях.

Объем, который заключен между статорами 1, 1', является вакуумом. Для этого магнитный привод 20 расположен в не изображенном корпусе.

График на фиг. 3а показывает зависимость силы 13 отталкивания между транслятором 2 и левым статором 1 при движении транслятора 2, согласно фиг. 1. На фиг. 3а, а также на фиг. 3б и 3с расстояние транслятора 2 от соответствующего статора 1, 1', действующая между транслятором 2 и статором 1, 1' сила нанесена на оси ординат. В основе показанных на фиг. 3а, 3б и 3с графиков лежат вычисления в соответствии с приведенными в тексте описания уравнениями при следующих допусках:

$$- \mu_{Rsl} = \mu_{Rs2} = \mu_{Rt} = 100,$$

$$- N_{sl} = N_{s2} = N_t = 40,$$

$$- R_{sl} = R_{s2} = R_t = 0,02 \text{ м},$$

$$- L_{sl} = L_{s2} = L_t = 0,04 \text{ м},$$

$$- I_{sl} = I_{s2} = I_t = 1 \text{ А} = 1 \text{ А},$$

$$- \text{движение транслятора составляет } \delta = 0,04 \text{ м}.$$

Транслятор 2 в положении $X_t = 0,04 \text{ м}$ находился бы в контакте с левым статором 1. Характеристика изменения значения y в графике, показанном на фиг. 3а, приближается к значению 0. Максимальное значение силы 13 отталкивания возникает при расстоянии ε . Предпочтительно, положение 16 транслятора 2 устанавливается с помощью управляющего блока так, что нулевая точка транслятора 2 имеет расстояние $\varepsilon_{\min}$ до нулевой точки непосредственно соседнего статора 1, 1'.

На графике согласно фиг. 3б показана зависимость силы 12 притяжения от расстояния транслятора 2 до правого статора 1' на фиг. 1. В целом справедливо, что сила 12 притяжения

увеличивается с увеличением приближения транслятора 2 к правому статору 1'.

На фиг. 3 показан график, полученный из графиков на фиг. 3а и 3б. Таким образом, на графике согласно фиг. 3с показана получающаяся из характеристики изменения силы 13 отталкивания и силы 12 притяжения результирующая схема действия сил в зависимости от положения транслятора 2 между статорами 1, 1', при этом результирующая схема действия сил рассматривается в направлении параллельно оси, применительно к фиг. 1 и 2 параллельно оси 3 движения.

На фиг. 4 и 5 показан другой, аналогичный показанному на фиг. 1 и 2 вариант выполнения магнитного устройства, согласно изобретению, в виде магнитного привода 20. В отличие от показанного на фиг. 2 варианта выполнения, в показанном на фиг. 4 другом варианте выполнения полярность транслятора 2 остается при движении транслятора 2 одинаковой, в то время как полярность статоров 1, 1' изменяется.

На фиг. 6 показан аналогичный показанному на фиг. 4 варианту выполнения вариант выполнения, который в отличие от показанного на фиг. 4 варианта выполнения содержит два направляющих блока. Преимуществом относительно показанного на фиг. 4 варианта выполнения является то, что магнитное поле, действующее между статорами 1, 1' и транслятором 2, не искажается за счет наличия направляющего блока 7.

На фиг. 7 показан другой вариант выполнения магнитного привода 20, при этом транслятор выполняет вращательное движение. Магнитный привод 20 содержит четыре выполненных в виде сегментов отдельных магнита 5 транслятора, которые расположены по кругу 10 вокруг приводной оси 3 и оси вращения транслятора и под прямым углом к ней. Отдельные магниты 5 транслятора механически соединены с приводной осью 3 через направляющие блоки, так что отдельные магниты 5 транслятора образуют транслятор 2. В зонах между отдельными магнитами 5 транслятора расположены четыре, также имеющие форму сегментов отдельных магнита 4 статора, которые с помощью не изображенного механического соединения образуют статор 1.

В соответствии с приведенным выше описанием, обращенные друг к другу полюсы отдельных магнитов 4 статора и отдельных магнитов 5 транслятора имеют разную или одинаковую полярность.

При вращательном движении транслятора 2 при использовании магнитного привода 20, он всегда находится на расстоянии от статора 1, при этом направление 6 вращательного движения отдельных магнитов 5 транслятора всегда направлено к одному из отдельных магнитов 4 статора.

На фиг. 8 показано соединение первого магнитного привода 20, согласно изобретению, со вторым магнитным приводом 20', согласно изобретению. Механическое соединение магнитных приводов 20, 20' осуществляется через диск 17, который установлен с возможностью вращения вокруг средней точки 18 диска. Между диском 17 и магнитными приводами 20, 20' по геометрическим причинам предусмотрен соответствующий стержень 19, который на одном своем конце соединен с диском эксцентрично относительно средней точки 18 диска, а на своем другом конце шарнирно соединен с соответствующим магнитным приводом 20, 20'.

Магнитные приводы 20, 20' установлены стационарно относительно средней точки 18 диска, так что за счет линейного движения, создаваемого с помощью магнитных приводов 20, 20', вызывается вращательное движение диска 17. За счет эксцентричной установки стержня 19, 19' осуществляется механическое управление линейным движением транслятора 2 (не изображен на фиг. 8) магнитного привода 20, 20'.

На фиг. 9 - 11 показан в различных проекциях вариант выполнения магнитного привода, который отличается расположением нескольких отдельных магнитов 4 статора на статорах 1, 1' и нескольких отдельных магнитов 5 транслятора на трансляторе 2, а также детали транслятора 2 и статора 1, 1'.

На фиг. 9 показан на виде сверху показанный на фиг. 9-11 вариант выполнения магнитного привода, согласно изобретению. Магнитный привод содержит два статора 1, 1', которые расположены вдоль оси 9. Кроме того, предусмотрены два направляющих блока 7, с помощью которых между статорами 1, 1' установлен с возможностью движения относительно статоров 1, 1' транслятор 2.

Кроме того, транслятор 2 соединен с приводной осью 3, которая проходит через статоры 1, 1' к подлежащему приводу элементу (не изображен). Опорная конструкция 15 служит в качестве опоры для оси 9 и приводной оси 3.

На фиг. 10 показан на виде сбоку показанный на фиг. 9 – 11 вариант выполнения магнитного привода, согласно изобретению. Статор 1 содержит пять отдельных магнитов 4 статора, которые расположены ротационно-симметрично вокруг приводной оси 3. Отдельные магниты 4 статора расположены противоположно соответствующим отдельным магнитам 5 транслятора.

На фиг. 11 показан на виде сбоку транслятор 2. Транслятор 2 содержит несколько отдельных магнитов 5 транслятора, которые расположены ротационно-симметрично вокруг приводной оси 3, проходящей перпендикулярно плоскости рассматривания, вдоль многоугольника 10. Отдельные магниты 5 транслятора опираются, с одной стороны, на приводную ось 3, с другой стороны, на опору 21 транслятора с помощью подшипника 22 транслятора. Подшипники 22 транслятора являются перемычками, выполненными с по возможности наименьшим поперечным сечением.

На фиг. 12 показан другой вариант выполнения магнитного привода, согласно изобретению, в качестве резистивного элемента. Конструкция в принципе аналогична указанным выше вариантам выполнения, однако при этом статоры 1, 1' имеют относительно транслятора 2 такую полярность, что между полюсами транслятора 2 и статорами 1, 1' активируются силы 12 притяжения и силы 13 отталкивания. Тем самым транслятор 2 при ускорении за счет внешней силы, действующей через приводную ось 3 на транслятор 2, может перемещаться между статорами 1, 1' на участке пути.

На фиг. 13 показан в изометрической проекции другой вариант выполнения магнитного устройства, согласно изобретению. Магнитное устройство содержит расположенный между двумя трансляторами 2 статор 1, при этом статор 1 и транслятор 2 расположены внутри опорной конструкции 15, выполненной в виде корпуса. Снаружи опорной конструкции расположена приводная ось 3. Статор 1 и транслятор 2 расположены вдоль оси 9, при этом ось 9 задает направление 6 движения трансляторов.

Трансляторы 2 установлены с помощью двух направляющих блоков 7 и опираются на направляющие блоки 7, при этом направляющие оси 8 ориентированы параллельно направлению 6 движения трансляторов. Направляющие блоки 7 расположены по сторонам от трансляторов 2, так что направляющие блоки 7 не искажают магнитное поле, действующее между трансляторами 2 и статором 1.

Направляющие блоки 8 удерживаются с помощью опорной конструкции 15.

Показанное на фиг. 13 магнитное устройство имеет по существу указанные выше свойства, если они применимы к показанному на фиг. 13 устройству. Трансляторы 2 являются магнитами N45. Статор 1 является электромагнитом, содержащим магнитный сердечник 22 и катушку 23, намотанную вокруг сердечника 22.

На фиг. 14 показан на виде сверху вариант выполнения магнитного устройства, равнозначный показанному на фиг. 13 магнитному устройству, согласно изобретению. Указанные выше применительно к фиг. 13 признаки по существу показаны на фиг. 14.

На фиг. 14 показано расположение трансляторов 2 и статора 1, а также приводной оси 3 вдоль оси 9.

Статор 1 установлен с помощью опоры 14 статора на опорной конструкции 15. Сердечник 22 статора 1 проходит в направлении оси 9 через опорную конструкцию 15 наружу, так что магнитное поле, действующее между статором 1 и трансляторами 2, не искажается опорой 14 статора.

Форма опор 24 статора, с помощью которых трансляторы установлены на направляющем блоке 7, согласована с нагрузкой от моментов, распознаваемой специалистами в данной области техники, и с силами колебаний, вызываемыми, среди прочего, колебательным движением трансляторов 2.

На фиг. 15 показан разрез показанного на фиг. 13 и 14 магнитного устройства. Дополнительно к указанным выше признакам обозначен диапазон 21 вычисления, для которой с помощью способа конечных элементов (Finite Element Methode, сокращенно FEM) вычислено прохождение линий напряженности магнитного поля. Для

минимизации вычислительных затрат, диапазон 21 вычисления проходит лишь по одной половине симметрии; ось симметрии на фиг. 15 совпадает с осью 9. Результаты вычисления с помощью способа FEM (см. фиг. 17 и 18) раскрываются в последующем описании.

На фиг. 16 показана в увеличенном масштабе половина симметрии, которая была подвергнута вычислению с помощью способа FEM. Ось симметрии и ось 9 снова совпадают друг с другом. На фиг. 16 показаны половины симметрии трансляторов 2.

Статор 1 содержит сердечник 22 и катушку 23, при этом снова показаны лишь соответствующие половины симметрии.

Кроме того, на фиг. 16 показано поле 21 вычислений.

На фиг. 17 и 18 показан результат моделирования с помощью способа FEM. В основе вычисления с помощью способа FEM лежит заданный критерий, что статор выполнен в виде электромагнита с силой тока 90 А, а трансляторы 2 в виде постоянных магнитов N45 с 1050 кА/м.

На фиг. 17 показано положение транслятора 2 на расстоянии $r = 1,0$ мм до статора. Хотя действующая между статором 1 и транслятором 2 сила 13 отталкивания составляет основную часть действующей на транслятор 2 силы поступательного движения, однако движение транслятора 2' вызывается также силой 12 притяжения, действующей между транслятором 2' и статором 1.

На фиг. 18 показан результат моделирования с помощью способа FEM при положении трансляторов 2 на соответствующем одинаковом расстоянии до статора 1.

На фиг. 19 показана диаграмма, согласно которой сравнивается вычисленная с помощью моделирования FEM сила поступательного движения с измеренной на испытательной установке силой поступательного движения. При измерении и моделировании рассматривался транслятор с постоянным намагничиванием 1050,0 кА/м. Статор для выполнения измерения на испытательной установке нагружался 90 А. Для выполнения моделирования учитывалась нагрузка статора в 9 А, при этом полученные значения экстраполировались на нагрузку в 90А.

На диаграмме согласно фиг. 19 четко показано, что моделирование на основе поясненной выше теории и измерения по

существом дают одинаковые результаты.

На фиг. 20 показано сравнение вычисленной с помощью моделирования FEM на основе указанных выше теоретических выкладок силы поступательного движения при различном намагничивании трансляторов, выполненных в виде постоянных магнитов. На диаграмме вычисленная сила поступательного движения нанесена по оси y , а положение транслятора – по оси x . С помощью показанной на фиг. 20 диаграммы иллюстрируется влияние намагничивания трансляторов, выполненных в виде постоянных магнитов, при нагрузке статора в 9А, а затем экстраполированной на нагрузку в 90 А. Показанный на диаграмме граф «моделированная сила в Н» является кривой, воспроизводящей общее прохождение других графов диаграммы. Граф «моделированная сила» показан также на диаграмме на фиг. 19 в виде «моделированной силы в Н».

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Магнитное устройство, содержащее по меньшей мере один статор (1, 1') и по меньшей мере один транслятор (2), при этом транслятор (2) выполнен с возможностью движения относительно статора (1, 1') в направлении (6) движения транслятора, при этом направление (6) движения транслятора ориентировано к статору (1, 1'), при этом по меньшей мере один статор (1, 1') и один транслятор (2) ориентированы вдоль одной оси,

отличающееся тем, что

магнитное устройство содержит управляющее устройство, при этом управляющее устройство содержит устройство для управления расстоянием $r > 0$ (словами: r больше нуля) транслятора до статора при работе магнитного устройства относительно возникающей между статором и транслятором схемы действия сил,

транслятор (2) выполнен с возможностью движения в направлении (6) движения транслятора вдоль линейно проходящей оси движения транслятора относительно статора (1, 1'), при этом по меньшей мере один статор (1, 1') и транслятор (2) ориентированы вдоль оси движения транслятора.

2. Магнитное устройство по п. 1, содержащее два статора (1, 1') и один транслятор (2), отличающееся тем, что минимальное расстояние r устанавливается с помощью управляющего блока с учетом устанавливаемой между статором (1) и транслятором (2) схемы действия сил, так что действующая на транслятор (2) результирующая схема действия сил в положении X_t транслятора является максимальной, при этом для действующих на транслятор (2) схем действия сил справедливо соотношение

$$F_{repulsion}(X_t) = \frac{\mu_0}{4\pi} \left\{ \left[\frac{q_{sla}(X_t)q_{tb}(X_t)}{\left(X_t + \frac{L_s + L_t}{2}\right)^2} \right] + \frac{q_{slb}(X_t)q_{ta}(X_t)}{\left(X_t - \frac{L_s + L_t}{2}\right)^2} \right\} - \left\{ \left[\frac{q_{sla}(X_t)q_{ta}(X_t)}{\left(X_t + \frac{L_s - L_t}{2}\right)^2} \right] + \frac{q_{slb}(X_t)q_{tb}(X_t)}{\left(X_t + \frac{L_t - L_s}{2}\right)^2} \right\},$$

где

$q_{sla}(X_t)$ и $q_{slb}(X_t)$ – силы магнитных полюсов статоров (1, 1'),

$q_{ta}(X_t)$ и $q_{tb}(X_t)$ – силы магнитных полюсов транслятора (2),

$X_t \in J \frac{L_s + L_t}{2}; \delta + \frac{L_s + L_t}{2} [$ – положение X_t транслятора,

L_s – длина статоров (1, 1'),

L_t – длина транслятора (2).

3. Магнитное устройство по любому из п.п. 1 или 2, отличающееся тем, что отдельные магниты (4) статора на статоре и/или отдельные магниты (5) транслятора на трансляторе (2) расположены вдоль образующей многоугольник (10) линии вокруг оси многоугольника, ориентированной параллельно направлению (6) движения транслятора.

4. Магнитное устройство по любому из п.п. 1-3, отличающееся тем, что транслятор (2) установлен подвижно относительно статора (1) с помощью по меньшей мере одного направляющего блока (7), при этом направляющая ось (8) направляющего блока (7) пересекает статор (1) в зоне между двумя непосредственно соседними отдельными магнитами (4) статора и пересекает транслятор (2) в зоне между двумя непосредственно соседними отдельными магнитами (5) транслятора.

5. Магнитное устройство по любому из п.п. 1-4, отличающееся тем, что движение транслятора (2) относительно статора (1, 1') является колебательным движением.

6. Магнитное устройство по любому из п.п. 1-5, отличающееся тем, что статор (1, 1') выполнен в виде постоянного магнита, транслятор (2) – в виде электромагнита.

7. Магнитное устройство по любому из п.п. 1-6, отличающееся тем, что статор (1, 1') выполнен в виде электромагнита, транслятор (2) – в виде постоянного магнита.

8. Магнитное устройство по любому из п.п. 1-7, отличающееся тем, что статор (1, 1') и транслятор (2) выполнен в виде постоянного магнита или в виде электромагнита.

9. Магнитное устройство по любому из п.п. 1-8, отличающееся тем, что управляющее устройство между статором (1, 1') и

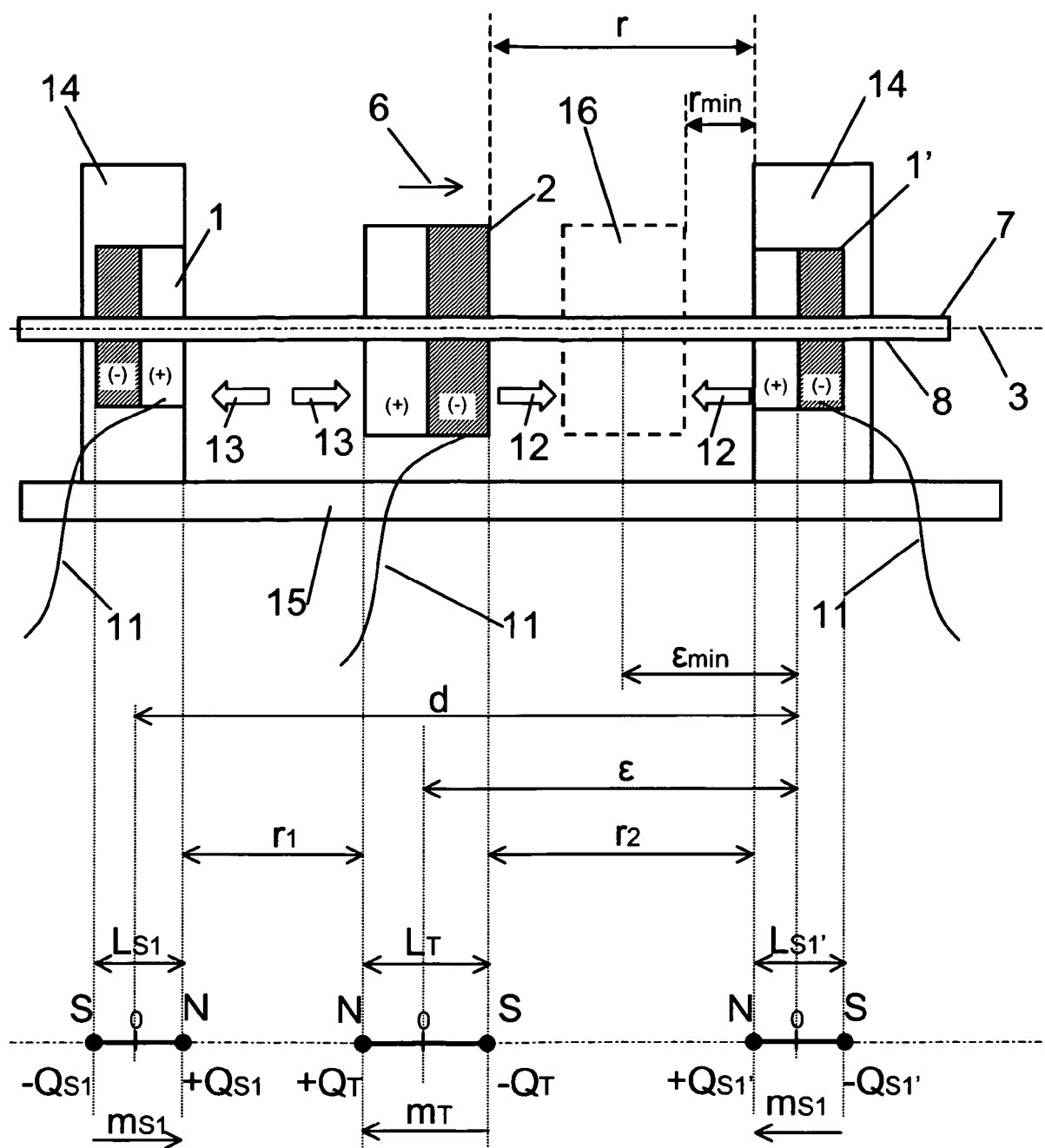
транслятором (2) содержит выполненный с возможностью позиционирования распорный элемент.

10. Магнитное устройство по любому из п.п. 1-9, отличающееся тем, что управляющее устройство содержит механическую принудительную систему, ограничивающую движение транслятора (2).

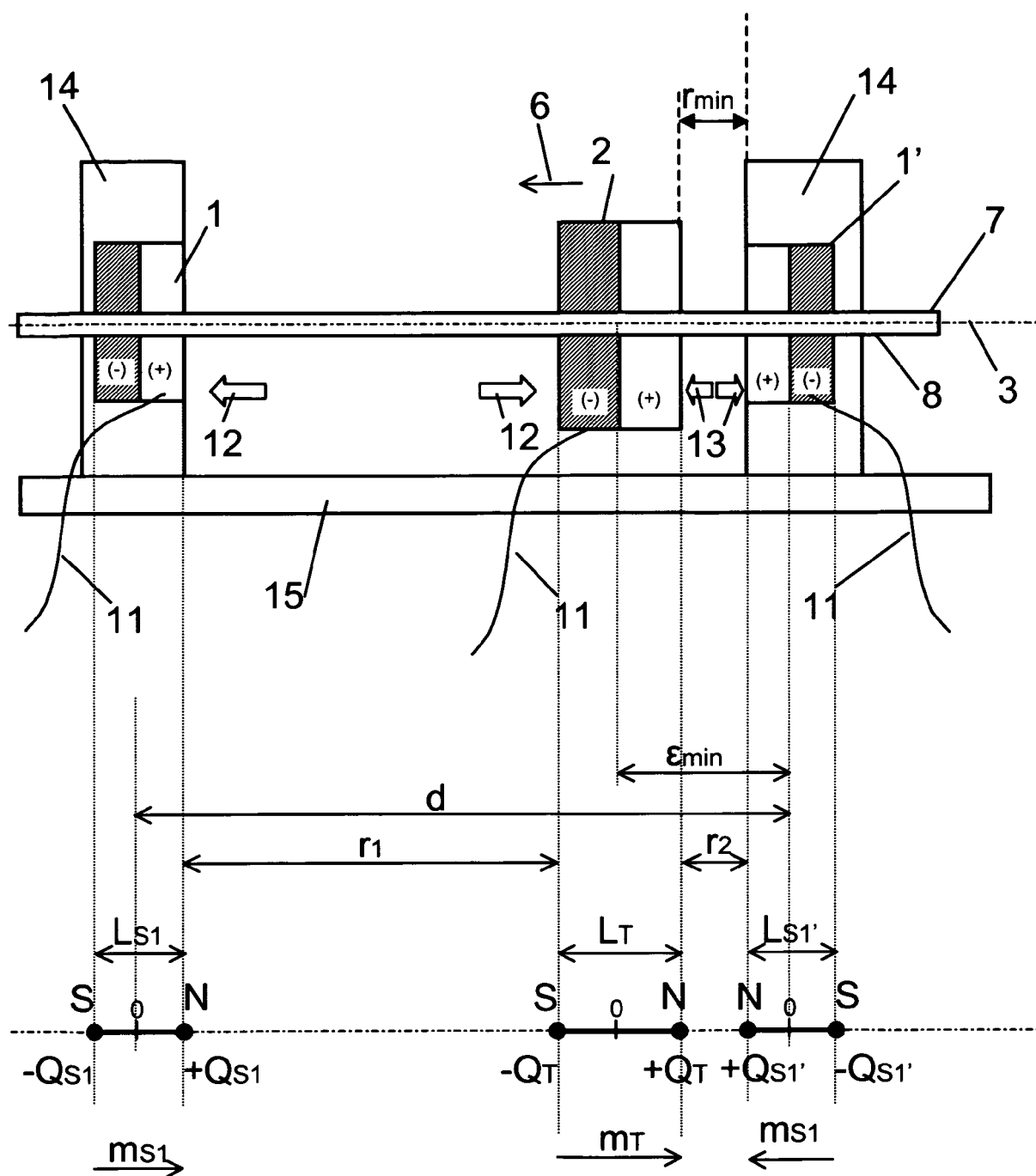
11. Магнитное устройство по любому из п.п. 1-10, отличающееся тем, что управляющее устройство содержит устройство измерения расстояния и/или устройство измерения времени, с помощью которых управляющее устройство в зависимости от положения транслятора (2) относительно статора (1, 1') и/или в зависимости от периода времени выполнено с возможностью изменять поляризацию статора (1, 1') и/или транслятора (2) и/или напряженность поля статора (1, 1') и/или транслятора (2).

12. Магнитное устройство по любому из п.п. 1-11, отличающееся тем, что объем, расположенный между статором (1) и находящимся в положении с наибольшим расстоянием d до статора (1) транслятором (2), является вакуумом.

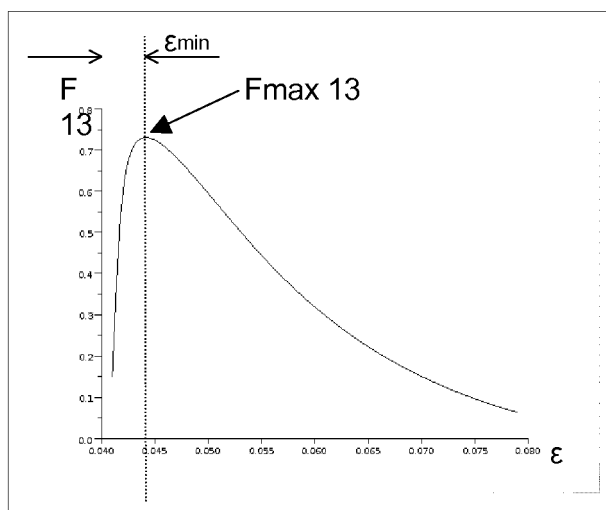
По доверенности



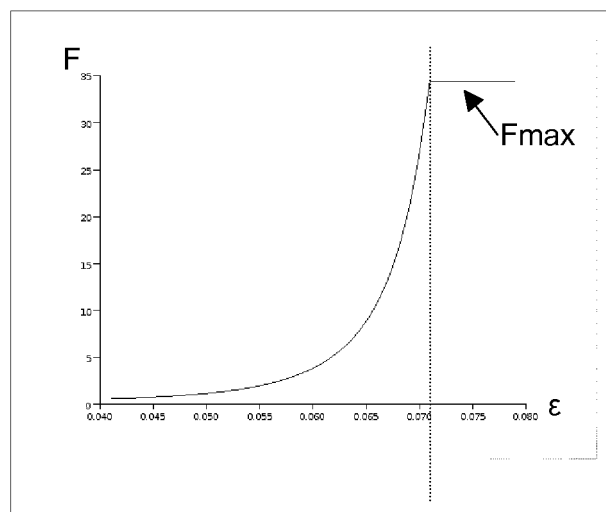
ФИГ. 1



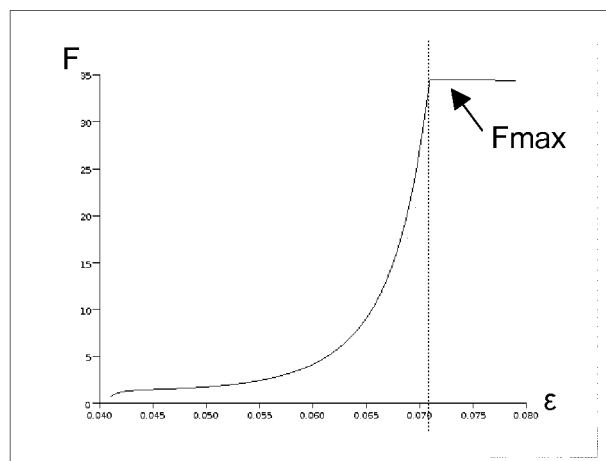
ФИГ. 2



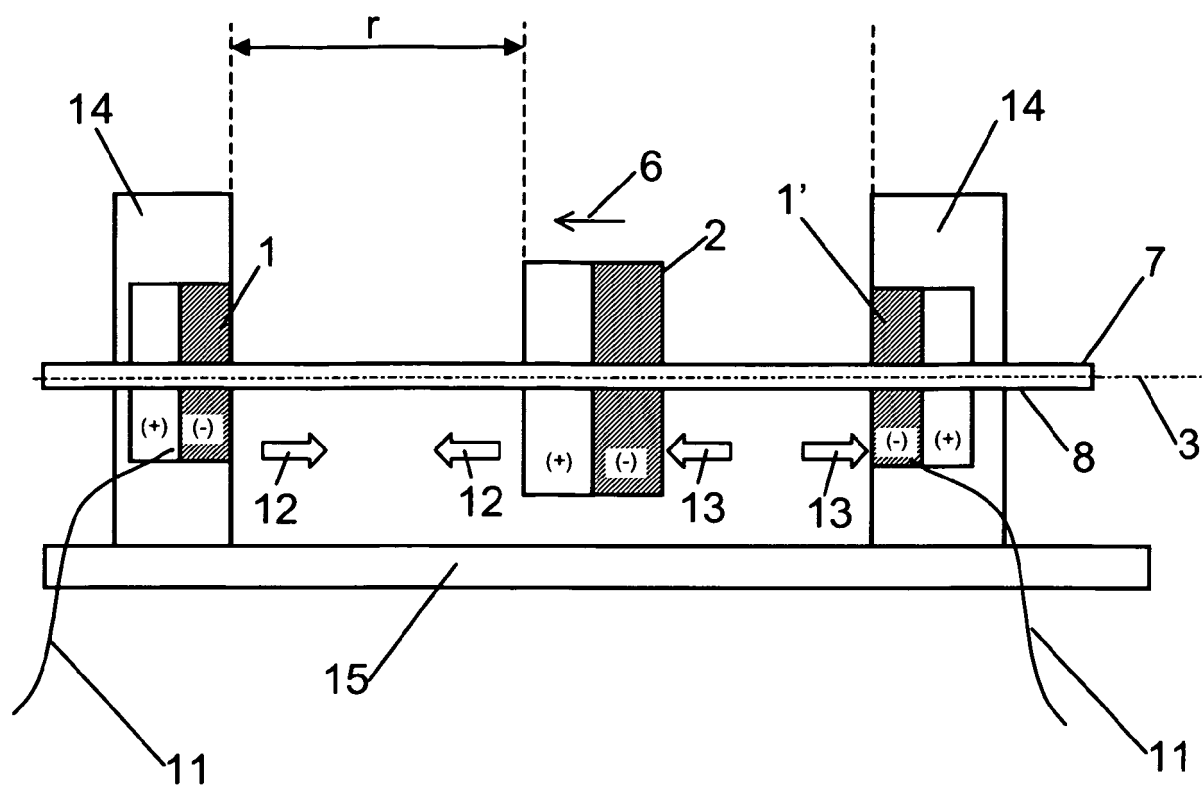
ФИГ. 3а



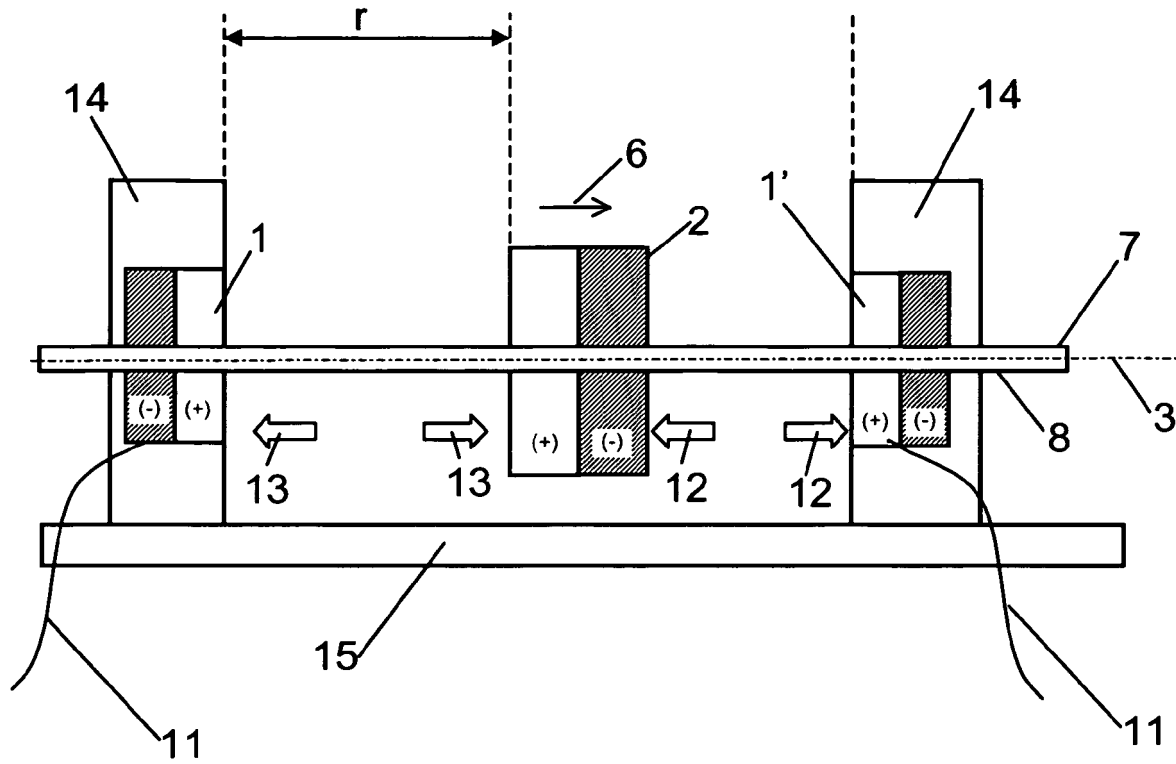
ФИГ. 3b



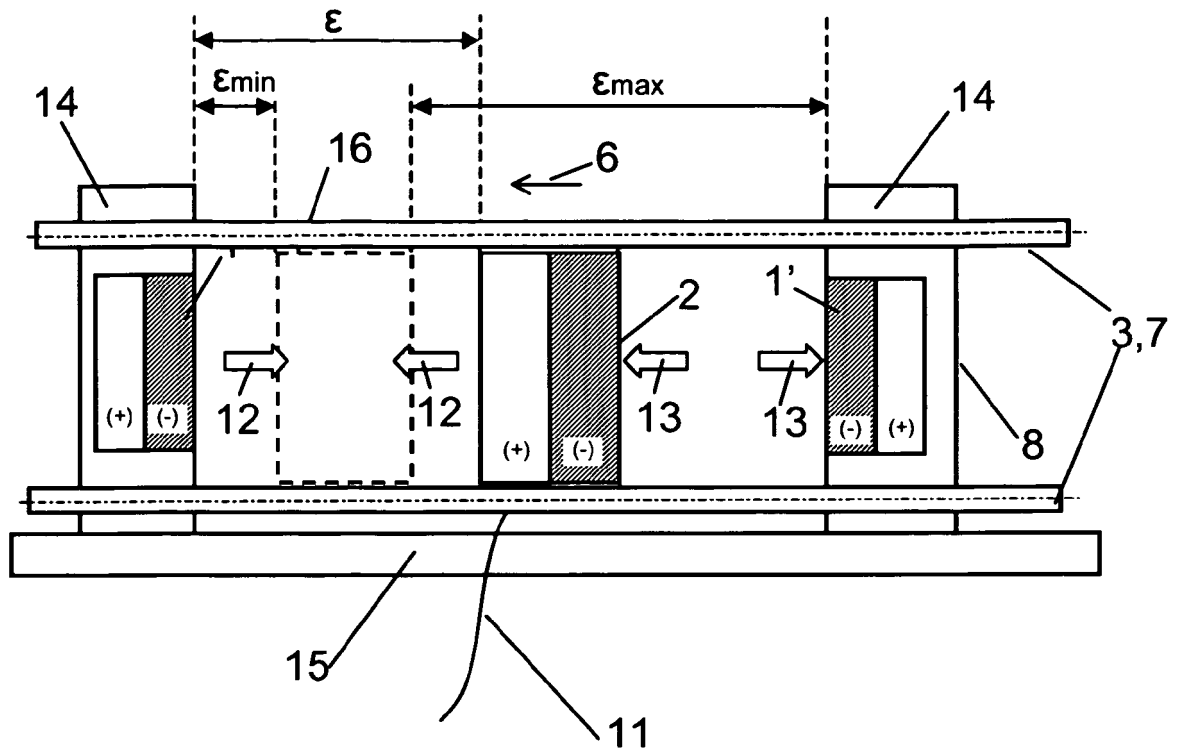
ФИГ. 3с



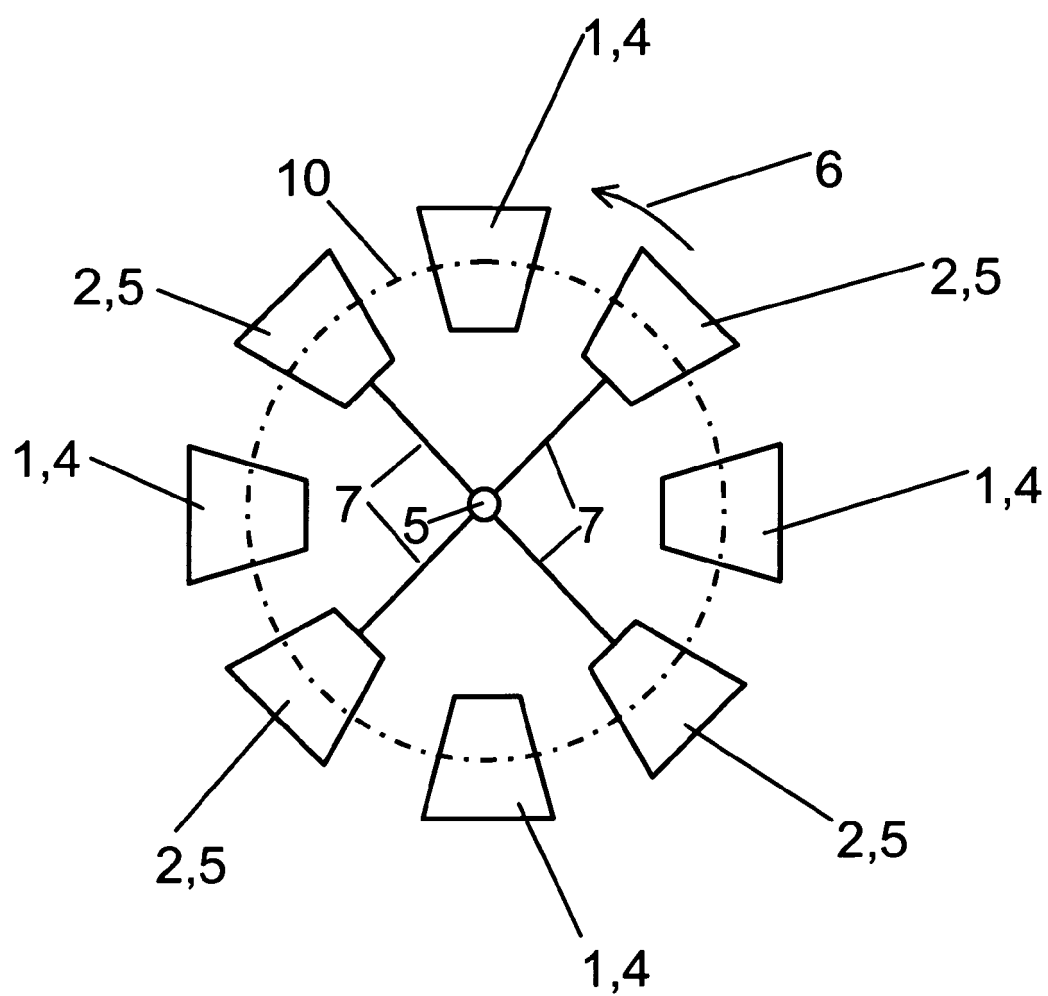
ФИГ. 4



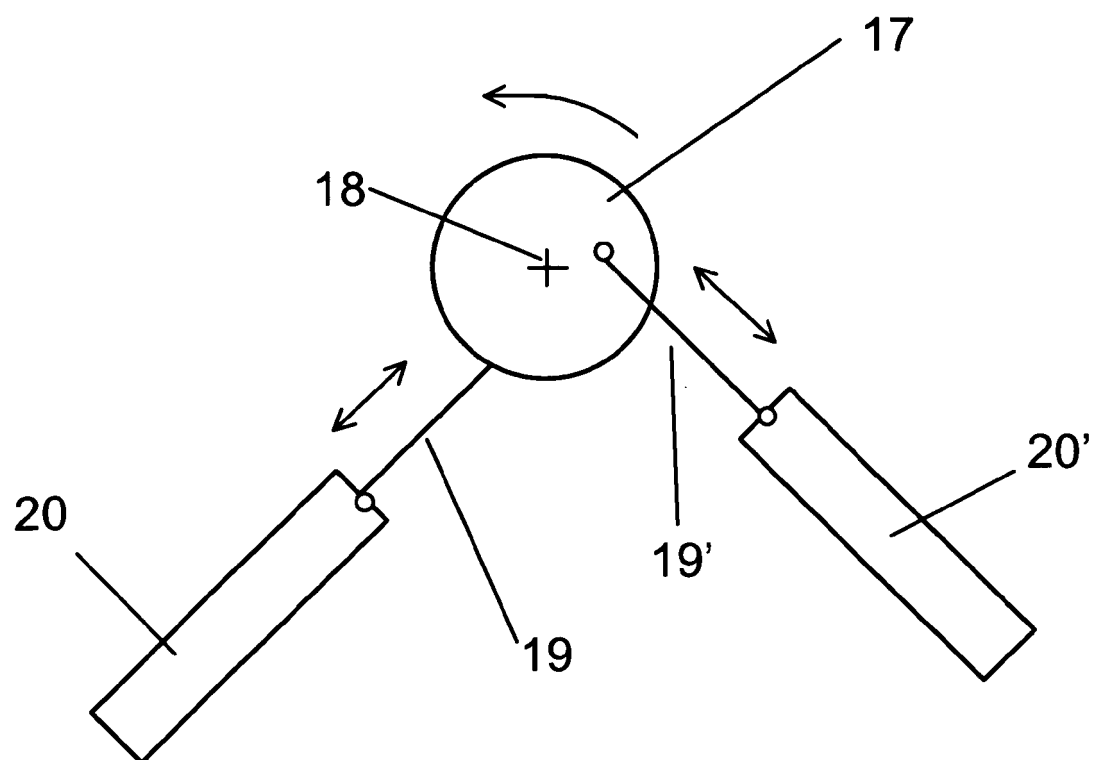
ФИГ. 5



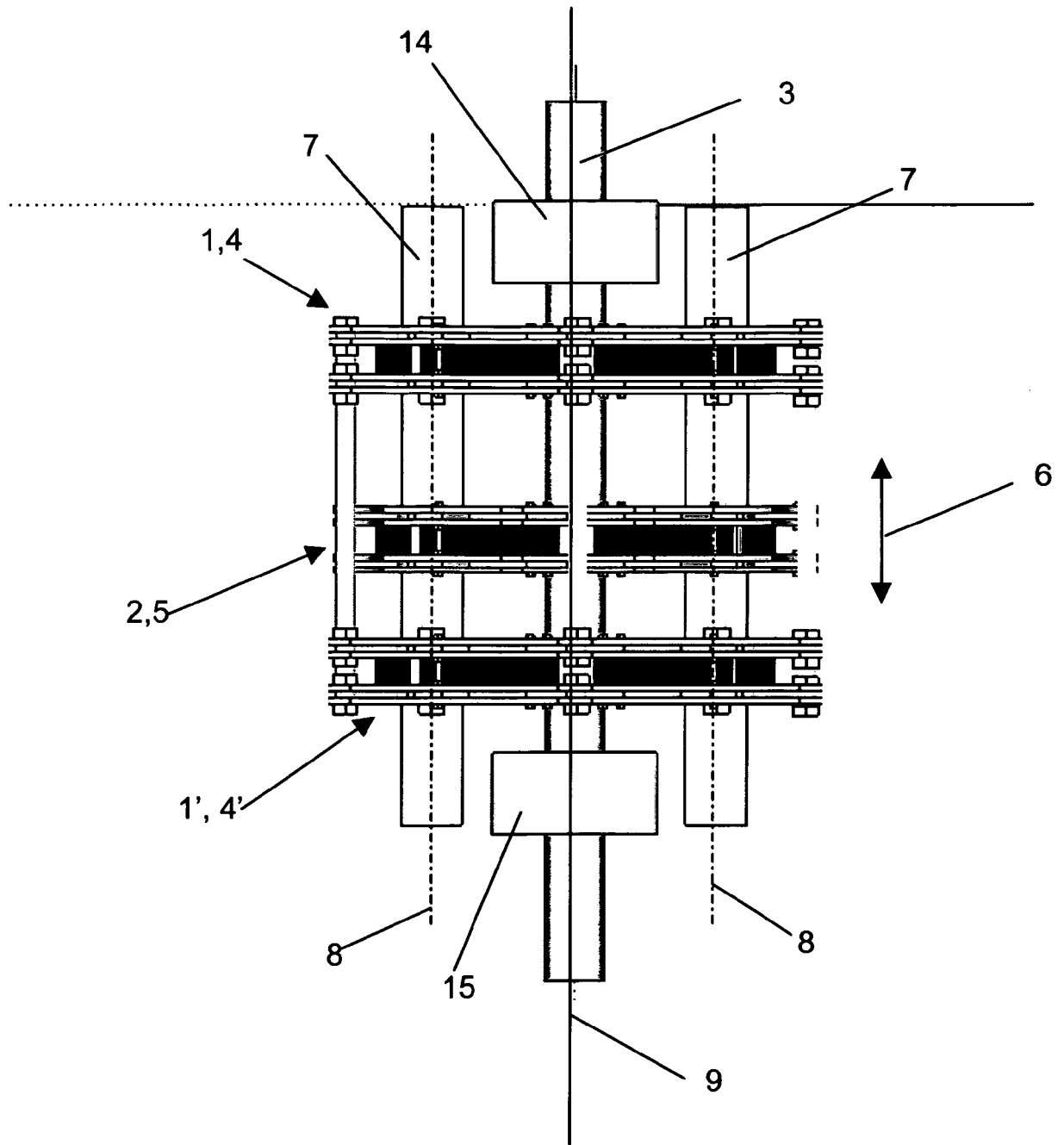
ФИГ. 6



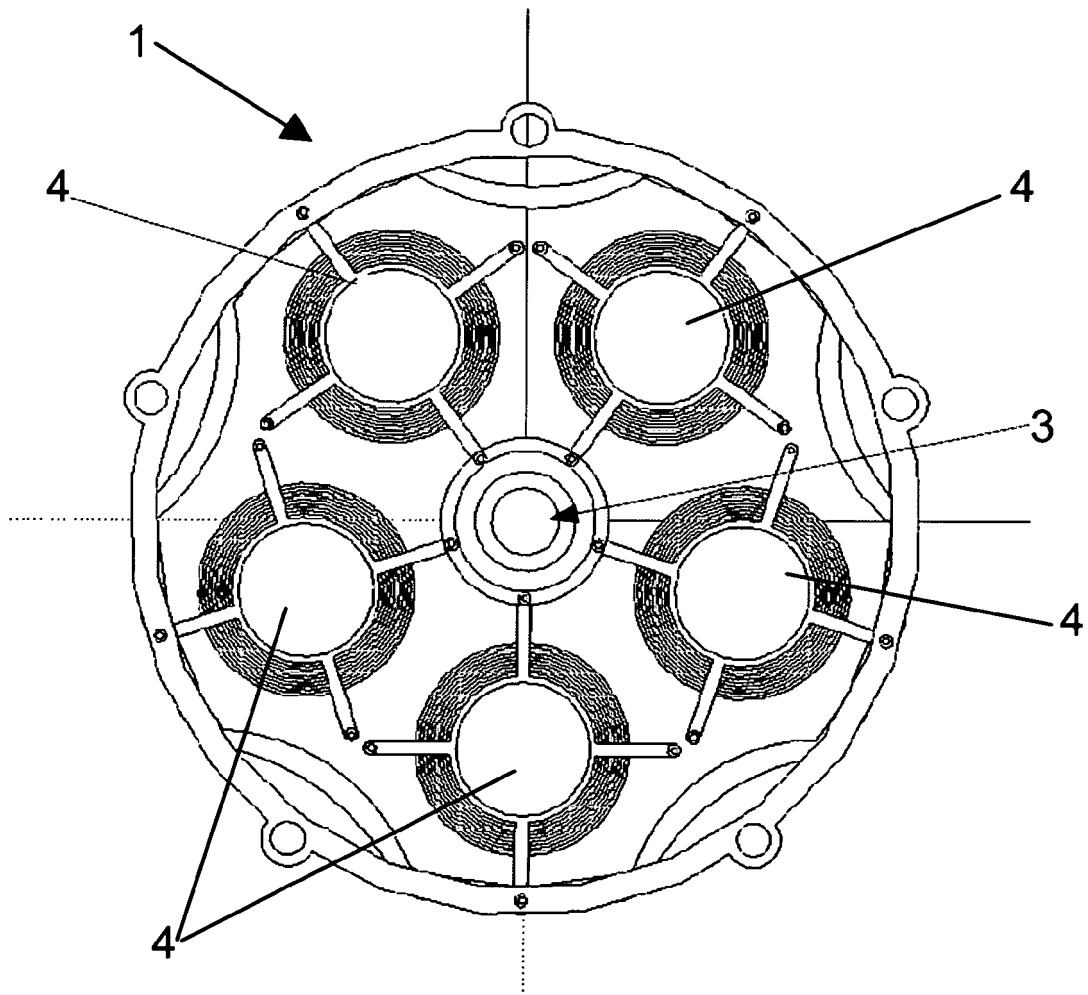
ФИГ. 7



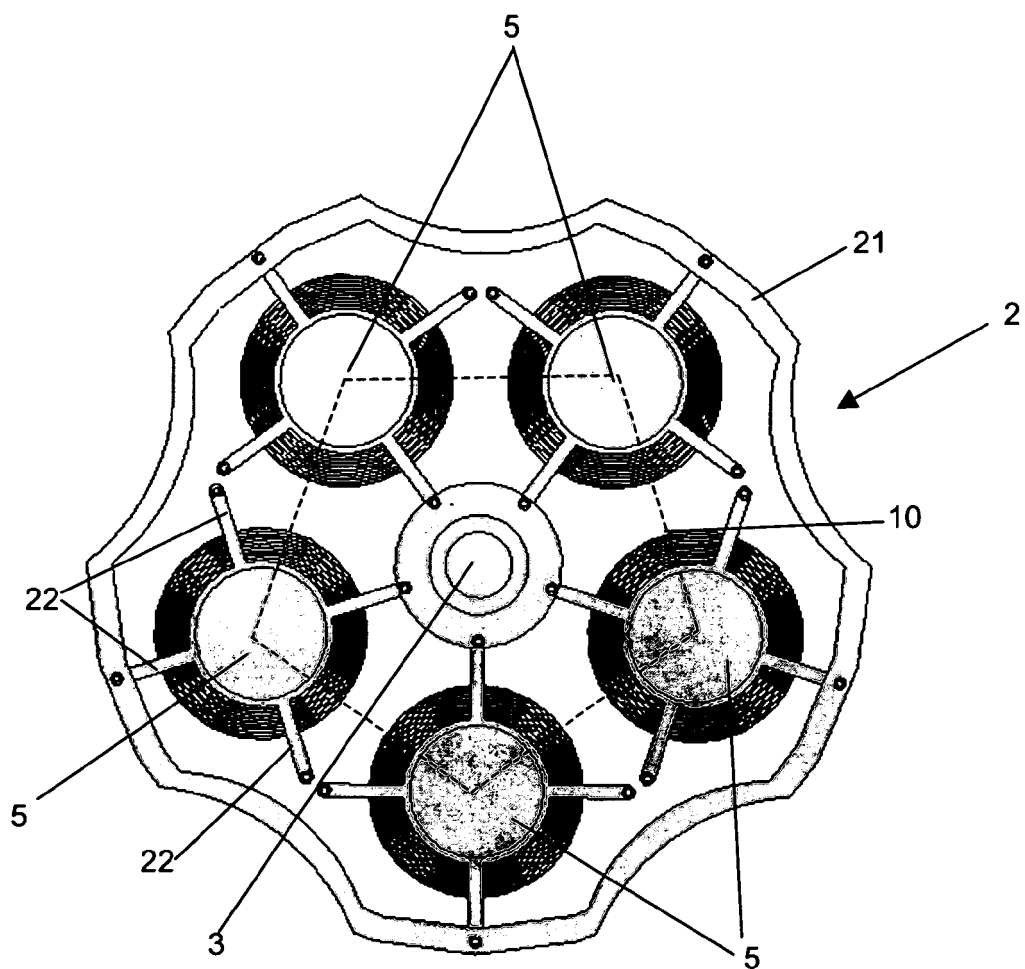
ФИГ. 8



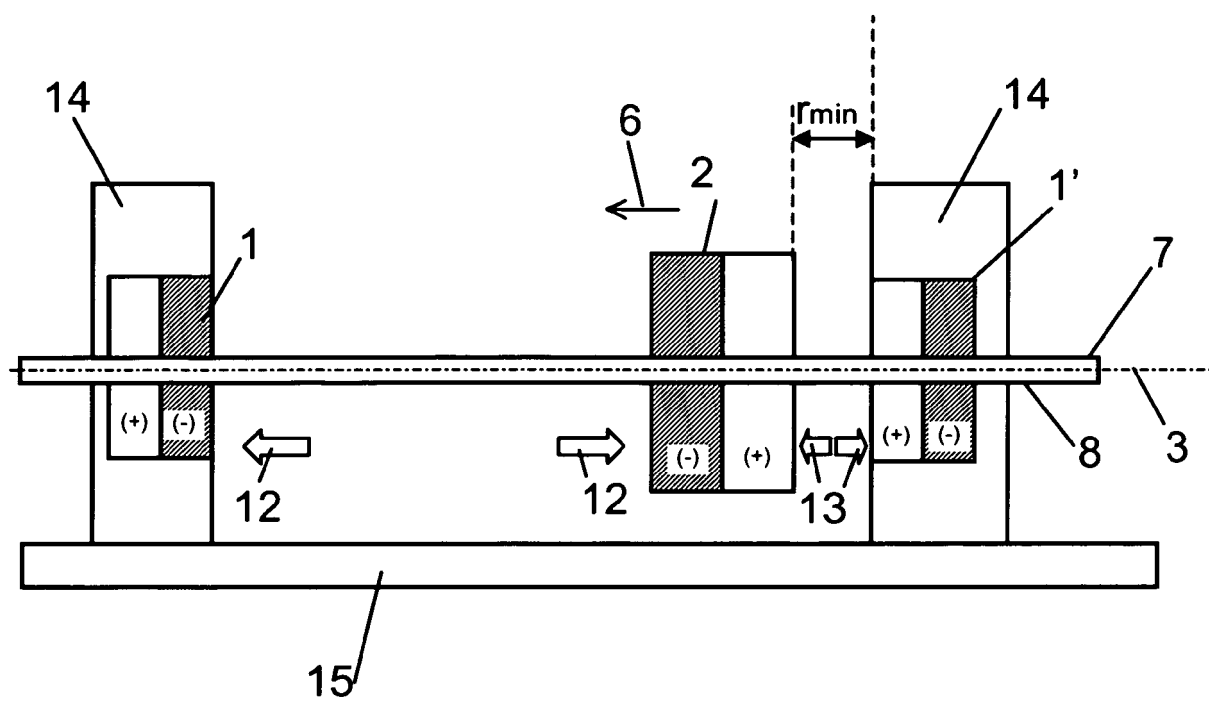
ФИГ. 9



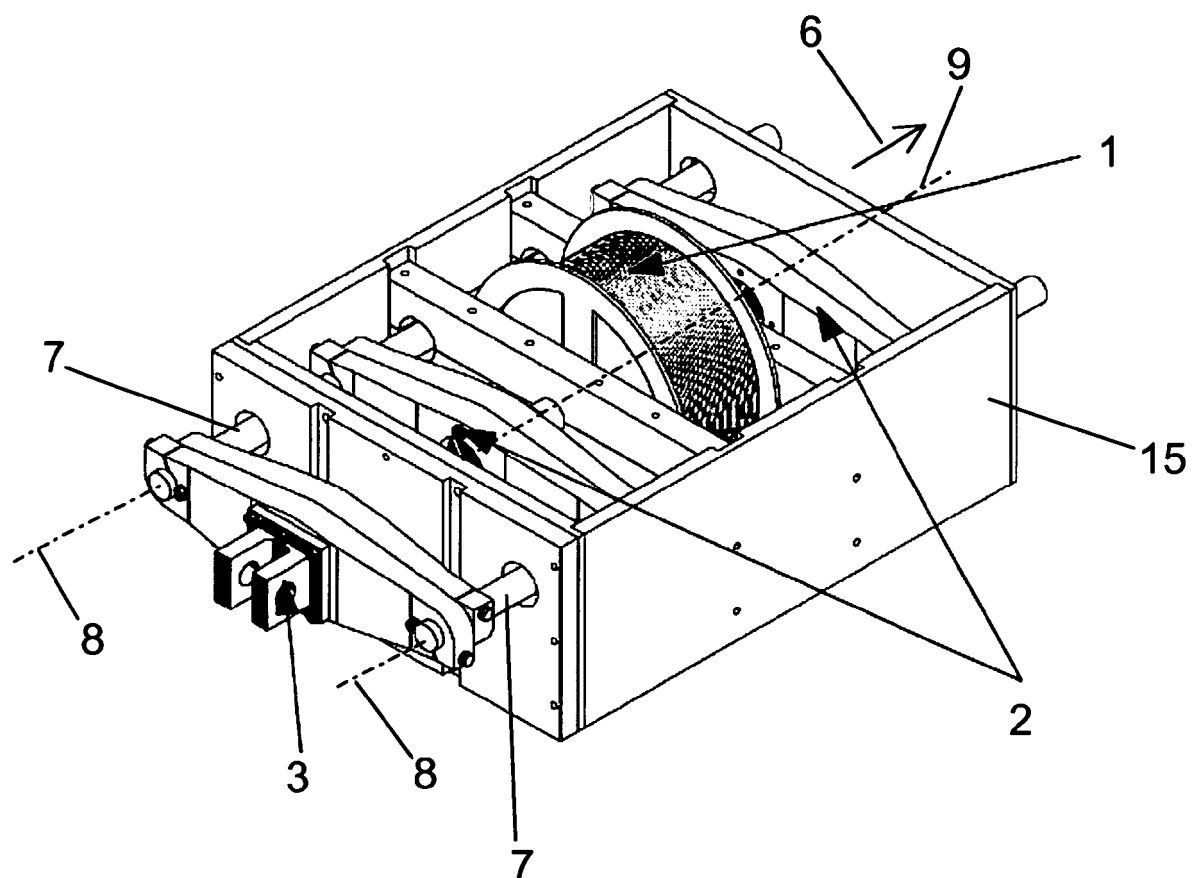
ФИГ. 10



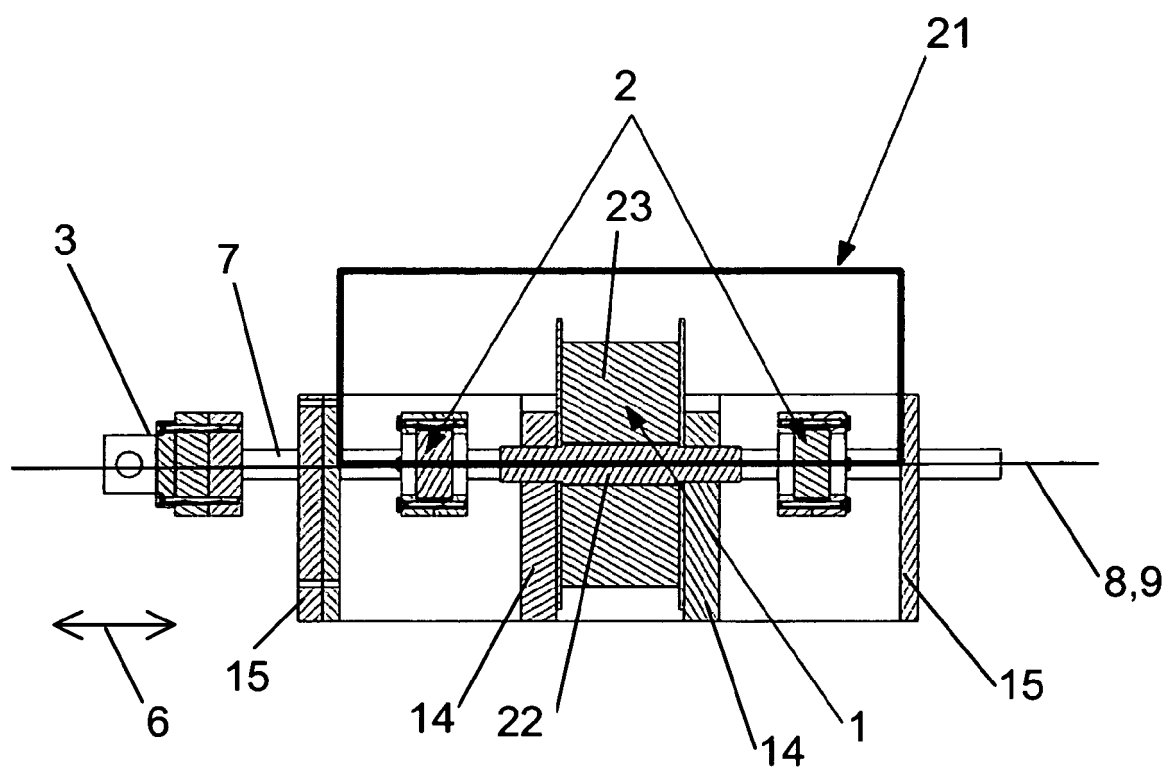
ФИГ. 11



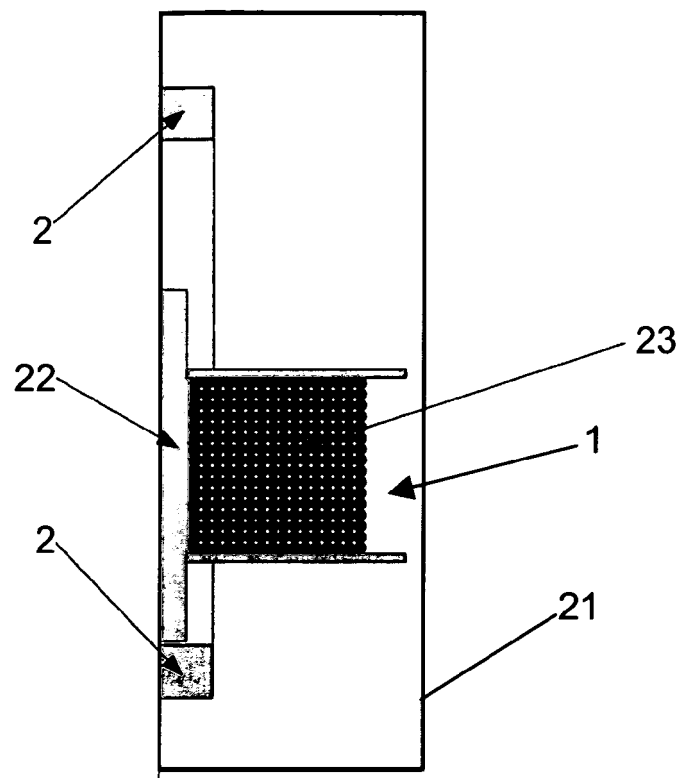
ФИГ. 12



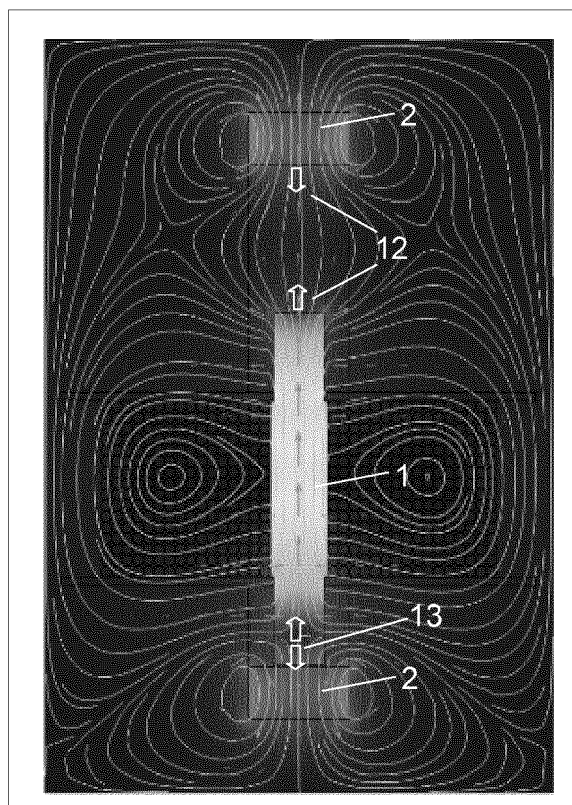
ФИГ. 13



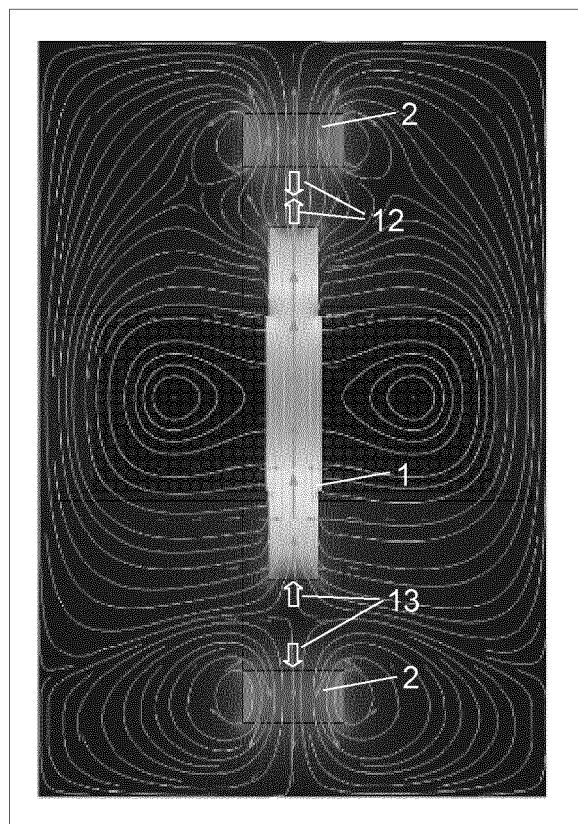
ФИГ. 15



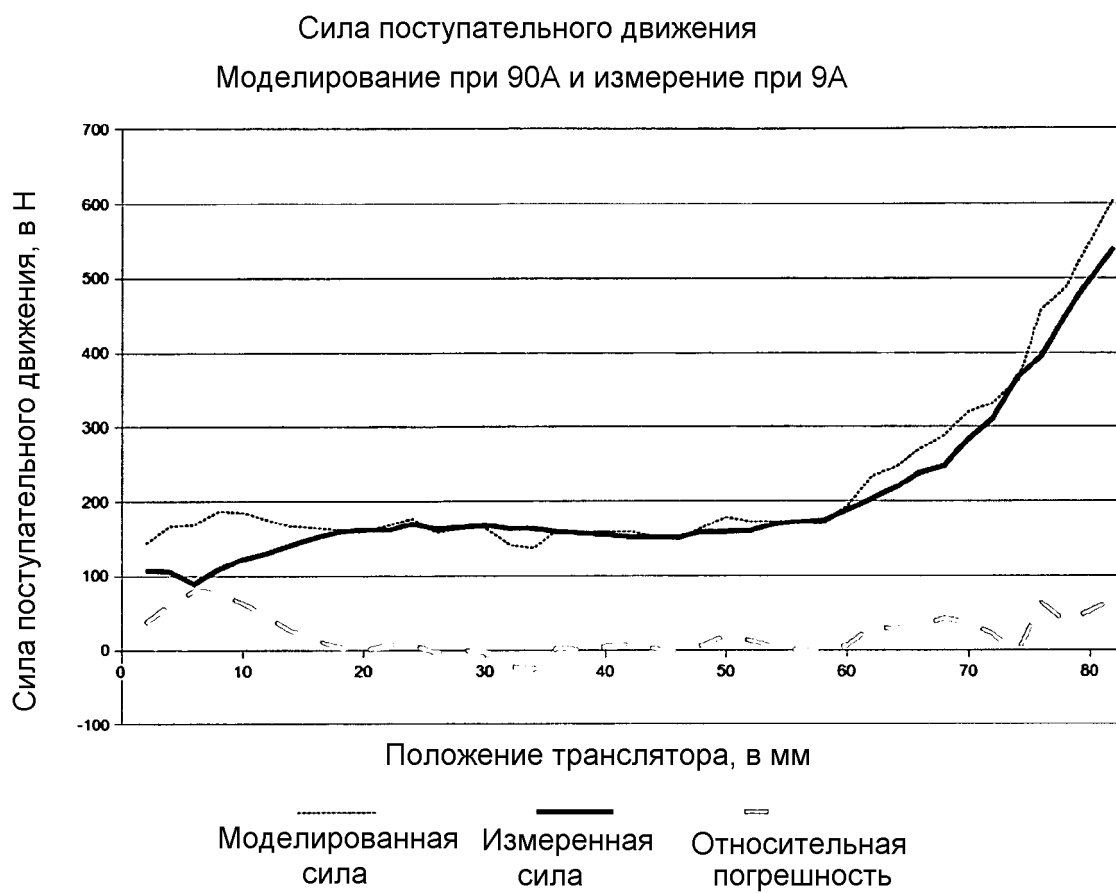
ФИГ. 16



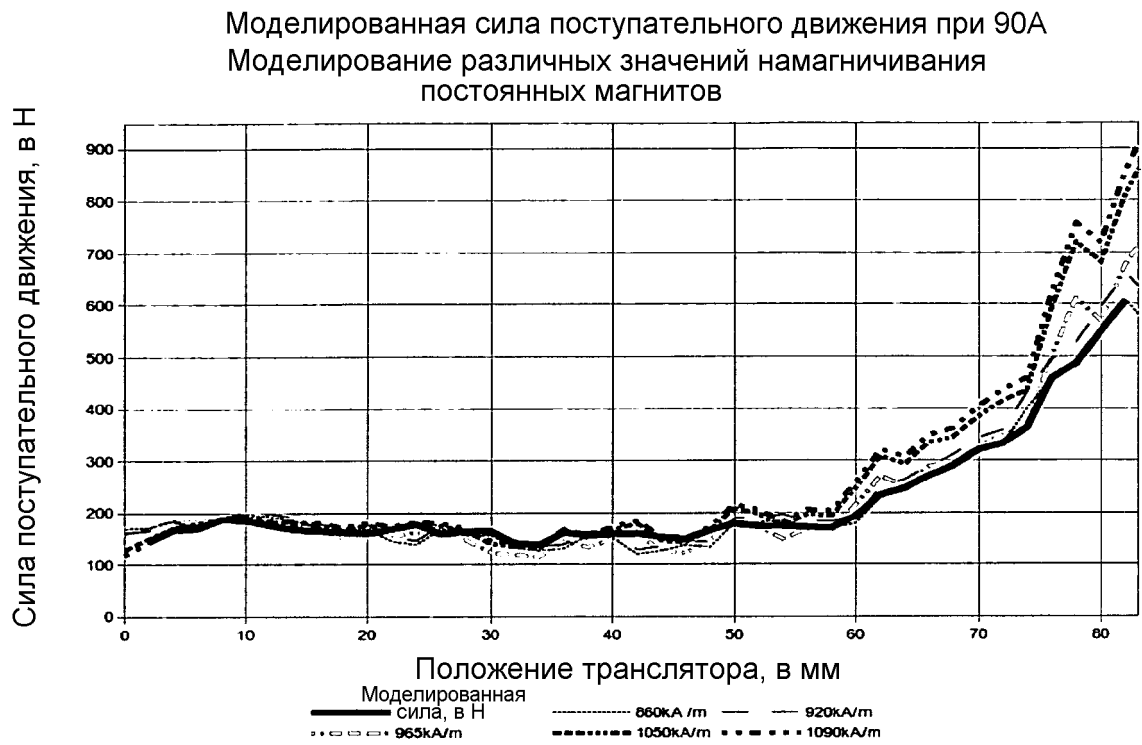
ФИГ. 17



ФИГ. 18



ФИГ. 19



ФИГ. 20