

ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 9728

(13) U

(46) 2013.12.30

(51) МПК

H 02K 41/03 (2006.01)

(54)

ШАГОВЫЙ ДВИГАТЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 20130457

(22) 2013.05.29

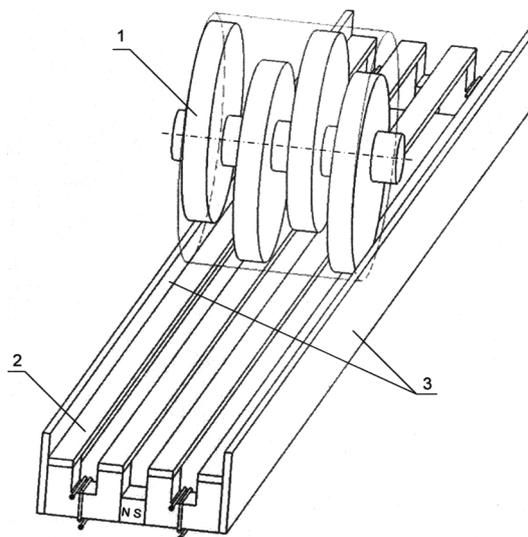
(71) Заявитель: Учреждение образования "Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники" (ВУ)

(72) Авторы: Карпович Святослав Евгеньевич; Дайняк Игорь Викторович; Поляковский Виталий Викторович; Литвинов Егор Алексеевич; Жарский Владимир Владимирович; Бегун Дмитрий Геннадьевич; Кекиш Николай Иванович; Титко Елена Александровна; Титко Дмитрий Сергеевич (ВУ)

(73) Патентообладатель: Учреждение образования "Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники" (ВУ)

(57)

Шаговый двигатель, содержащий один электромагнитный преобразователь, состоящий из многополюсных магнитопроводов, постоянных магнитов, расположенных между ними обмоток управления, и по меньшей мере один индуктор, отличающийся тем, что каждый индуктор взаимодействует с электромагнитным преобразователем посредством направляющей из ферромагнитного материала, причем индуктор выполнен в виде по меньшей мере четырех дисков из ферромагнитного материала, расположенных на оси в цилиндрическом корпусе эксцентрично относительно друг друга с угловым шагом относительно оси корпуса, равным $2\pi/N$, где N - число дисков.



Фиг. 1

ВУ 9728 U 2013.12.30

(56)

1. Патент США 3457482, НКИ 318-38, 1969.
 2. Патент США 3851196, НКИ 310-12, 1974.
-

Полезная модель относится к устройствам позиционирования в приборостроении и роботостроении, а именно к устройствам шагового перемещения, и предназначена для использования в системах перемещений технологического оборудования различного назначения.

Известен двухкоординатный линейный шаговый электродвигатель [1], содержащий индуктор из ферромагнитного материала, верхняя поверхность которого несет периодическую зубцовую структуру, образованную двумя группами канавок, подвижную головку, имеющую две группы электромагнитных преобразователей с зубцовыми структурами на полюсах, причем зубцы каждой из групп электромагнитных преобразователей параллельны взаимодействующим с ними зубцам индуктора.

Недостатком этого двигателя является низкий КПД, низкие динамические характеристики и сложность конструкции.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому положительному эффекту является устройство перемещения [2], содержащее индуктор из ферромагнитного материала, верхняя поверхность которого имеет три области с зубьями, в одной из которых зубья направлены по оси X, а в других, расположенных по обе стороны первой, зубья направлены по оси Y; головку, имеющую три ряда электромагнитных преобразователей, один из которых служит для движения по оси Y, а два других параллельных ряда, лежащих по обе стороны первого, служат для движения по оси X. Каждый ряд содержит несколько отдельных электромагнитных преобразователей. Головка перемещается на воздушной подушке по индуктору без механических соединений.

Недостатками этого устройства также являются низкий КПД, низкие динамические характеристики и сложность конструкции.

Эти недостатки обусловлены следующим. Электромеханическое преобразование энергии в таких устройствах перемещения основано на периодическом изменении магнитных сопротивлений (проводимостей) зубчатых воздушных промежутков под полюсами отдельных электромагнитных преобразователей. Возникающая тяговая сила является функцией взаимного расположения индуктора и электромагнитного преобразователя, т.е. механической координаты X и величины действующих в преобразователе намагничивающих сил или магнитных потоков.

Недостатками всех шаговых двигателей, в которых осуществляется электромеханическое преобразование энергии за счет взаимодействия двух зубцовых структур, является наличие двух составляющих магнитных сил в рабочем зазоре тангенциальной и нормальной. Причем рабочее перемещение осуществляется за счет тангенциальной составляющей, которая обычно на порядок меньше нормальной составляющей, обеспечивающей притяжение электромагнитного преобразователя к индуктору и посредством которой совместно с силой давления сжатого воздуха образуется рабочий зазор. Кроме того, такая конструкция двигателя требует создания электромагнитных направляющих с высокой степенью плоскостности, а создание зубцовой структуры, которая формируется на магнитном материале, представляет собой большую технологическую проблему. Сборка таких двигателей трудоемка, требует высокой точности. Для создания аэростатической опоры в работающем двигателе необходимо наличие источника сжатого воздуха, что очень усложняет конструкцию.

Эти факторы приводят к уменьшению КПД двигателя, ухудшению его динамических характеристик, усложнению конструкции.

Задачей настоящей полезной модели является разработка шагового двигателя на основе устройства преобразования электрической энергии в линейное перемещение, в качестве движущей силы которого используется нормальная составляющая силы магнитного взаимодействия индуктора и электромагнитного преобразователя.

Поставленная задача решается за счет конструктивно-технологических особенностей шагового двигателя, который включает в себя один электромагнитный преобразователь, состоящий из многополюсных магнитопроводов, постоянных магнитов, расположенных между ними обмоток управления, и по меньшей мере один индуктор, взаимодействующий с электромагнитным преобразователем посредством направляющей из ферромагнитного материала, причем индуктор выполнен в виде по меньшей мере четырех дисков из ферромагнитного материала, расположенных на оси в цилиндрическом корпусе эксцентрично относительно друг друга с угловым шагом относительно оси корпуса равным $2\pi/N$, где N - число дисков.

На фиг. 1 представлен общий вид шагового двигателя. На фиг. 2 представлена конструкция индуктора шагового двигателя. На фиг. 3 изображен электромагнитный преобразователь шагового двигателя. На фиг. 4 представлены рисунки, поясняющие принцип работы шагового двигателя. На фиг. 5 представлены циклограммы работы шагового двигателя.

Предлагаемая конструкция шагового двигателя, по меньшей мере, включает в себя (фиг. 1): индуктор 1, электромагнитный преобразователь 2 и специальные бортики 3.

Индуктор устанавливается таким образом (фиг. 1), чтобы проекция любой точки эксцентрического диска на плоскость соответствующей направляющей попадала бы в геометрическую область, образованную этой направляющей. Для обеспечения устойчивого прямолинейного движения, конструкция устройства предусматривает специальные бортики 3.

Индуктор (фиг. 2) состоит по меньшей мере из четырех эксцентрично расположенных относительно друг друга дисков 4 из ферромагнитного материала, объединенных осью из ферромагнитного материала 5, ось вращения которой располагается перпендикулярно плоскостям оснований дисков. Угол разворота эксцентрических дисков относительно начального угла $\varphi = 0$ определяется по следующей формуле:

$$\varphi_k = k \cdot 2\pi/N,$$

где N - количество дисков и направляющих;

k - порядковый номер диска.

Ось 5 с эксцентрическими дисками 4 жестко встраивается в корпус 6 цилиндрической формы, радиус основания которого определяется по большему радиусу эксцентрических дисков.

Электромагнитный преобразователь (фиг. 3) состоит из многополюсных магнитопроводов 7, обмоток управления 8, постоянных магнитов 9, расположенных между магнитопроводами, и направляющих 10, выполненных из ферромагнитного материала.

Шаговый двигатель работает следующим образом (фиг. 4). В качестве начального положения примем положение индуктора, при котором вектор наибольшего радиуса диска III образует с направляющей угол 0. При подаче тока в обмотку управления В электромагнитного преобразователя (фиг. 4а) магнитный поток, развиваемый постоянным магнитом 9, суммируется с магнитным потоком, развиваемым обмоткой управления В под эксцентричным диском III. При этом магнитный поток, развиваемый постоянным магнитом 9 электромагнитного преобразователя, от северного полюса N магнита проходит через полюс a_1 7, эксцентрический диск I и через ось 5. Таким образом, эксцентрический диск III начинает притягиваться к направляющей 10, и индуктор прокатывается по направляющей 10 на угол $\pi/2$, а его центр при этом переместится по направлению качения на величину $\Delta x = \pi R/2$, где R - радиус индуктора.

При выключении тока в обмотке управления В и включении его в обмотке А (фиг. 4б) магнитный поток переключается под эксцентрический диск II и индуктор снова прокатывается по направляющим на угол $\pi/2$.

Затем при выключении тока в обмотке управления А и включении тока обратного направления в обмотке В (фиг. 4в) магнитный поток переключается под эксцентрический ферромагнитный диск IV и индуктор прокатывается на угол $\pi/2$ без проскальзывания, перемещая его центр еще на величину Δx .

Выключив обмотку управления В и включив ток обратного направления в обмотке А (фиг. 4г), магнитный поток переключится под эксцентрический диск I и центр индуктора снова переместится на величину Δx и т.д. При изменении порядка коммутации обмоток управления 8 индуктор будет дискретно прокатываться по направляющим 10 против часовой стрелки, перемещая свой центр дискретно на Δx по направлению качения ротора.

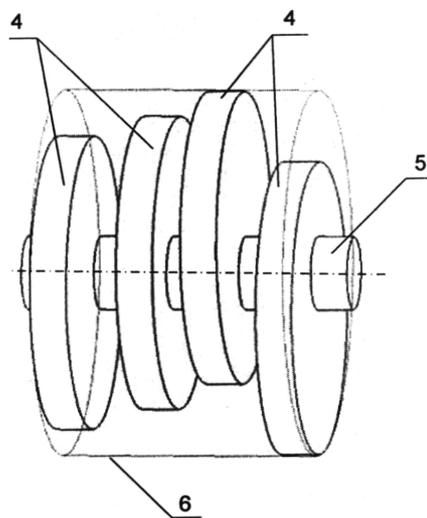
На фиг. 5 представлены зависимость мгновенного крутящего момента от угла поворота ротора (а), а также циклограммы магнитных состояний магнитопроводов I (б), II (в), III (г) и IV (д).

Изменяя диаметр эксцентрично расположенных ферромагнитных дисков и диаметр окружности, на которую проецируются их центры, можно изменять характеристики шагового двигателя.

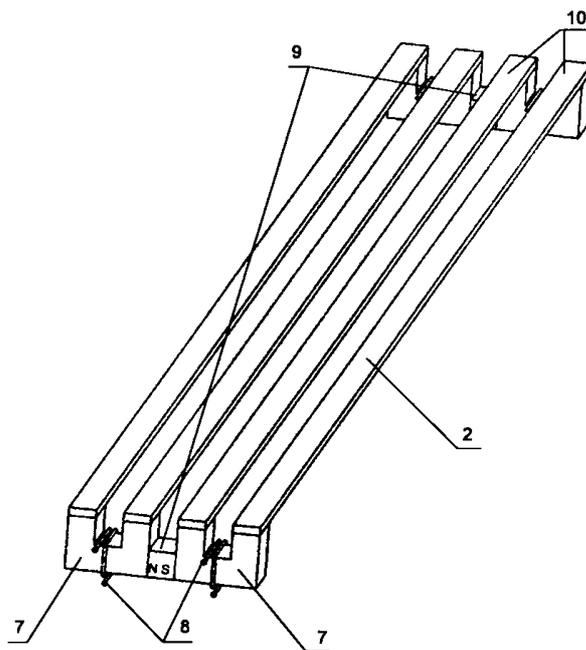
Изменяя количество эксцентрично расположенных ферромагнитных дисков и угол между проекциями линий симметрии дисков, проходящих через ось вращения индуктора и центры дисков, можно изменять величину одиночного шага $\Delta x = 2\pi/N$, где N- количество дисков.

Предложенная конструкция шагового двигателя позволяет использовать в качестве движущей силы нормальную составляющую магнитного взаимодействия индуктора и электромагнитных преобразователей с реализацией практически безззорного электромагнитного взаимодействия ферромагнитных направляющих и эксцентрических дисков, что значительно повышает КПД устройства и улучшает его динамические характеристики по сравнению с прототипом.

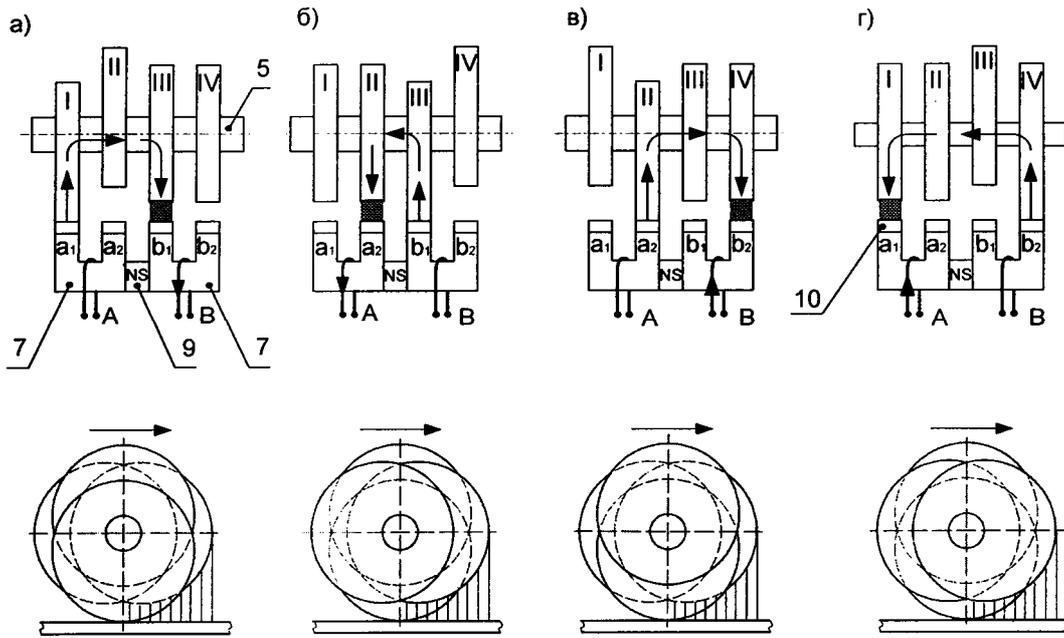
Устройство технологично в изготовлении, имеет более простую конструкцию.



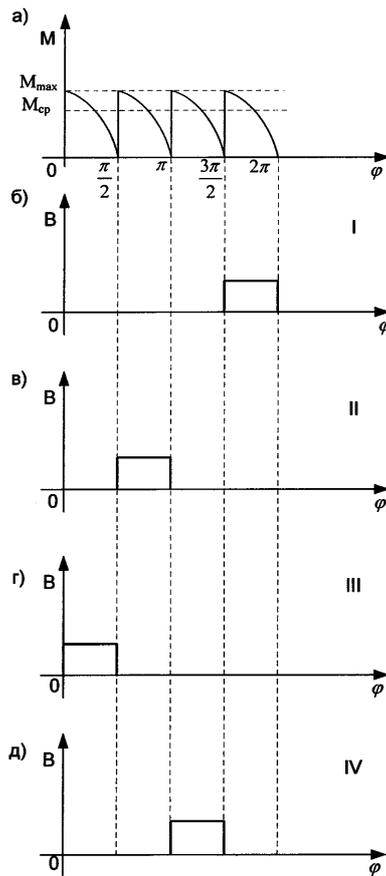
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5