

(19) **KG** (11) **47** (13) **C2**

ГОСУДАРСТВЕННОЕ АГЕНТСТВО
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
ПРИ ПРАВИТЕЛЬСТВЕ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ (КЫРГЫЗПАТЕНТ)

(51)⁵ **H02K 37/00**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

к патенту Кыргызской Республики

(21) 4614818/811

(22) 24.08.1989

(31) 883162

(32) 25.08.1988

(33) СН

(46) 01.02.1995, Бюл. №1, 1996

(71) (73) Маттиас Шолер, СН

(72) Май Ксуан Ту, Мишель Шваб, СН

(56) Патент Швейцарии №599707, кл. H02K 37/00, 1980.

Патент США №4713565, кл. H02K 37/00, 1980.

Патент Франции №2406907, кл. H02K 37/00, G04C 3/00, 1979.

(54) Многополюсный шаговый двигатель

(57) Использование: в многополюсных шаговых двигателях с большим числом пар полюсов. Сущность изобретения: многополюсный ротор намагничен, имеет на одной из своих сторон, расположенной против полюсных наконечников, чередующиеся полюса N и S, распределенные вдоль его периферии, намагниченные параллельно его оси. Каждый из полюсных наконечников имеет вогнутую внутреннюю кромку, снабженную зубцами, разделенными зубцами промежуточного наконечника. Сердечник, на который установлена катушка, связывает магнитно полюсные наконечники с катушкой. Шаг α_s зубцов полюсных наконечников отличен от шага α_r полюсов ротора. Это позволяет повысить точность и надежность. 4 з.п. ф-лы, 11 ил.

Изобретение относится к многополюсным шаговым двигателям с большим числом пар полюсов.

Из патента Швейцарии №599707 известен многополюсный шаговый двигатель, в одном из вариантов которого ротор выполнен в виде диска и помещен в воздушном зазоре, образованном полюсными наконечниками. Кроме того, весь узел из этих трех элементов помещен на цилиндрической катушке и на кольцевой детали. Такое выполнение имеет большие габариты и сложный монтаж.

В другом варианте выполнения полюсные наконечники также расположены друг над другом.

Из патента США №4713565 известен шаговый двигатель, статорные полюсные

наконечники которого также размещены с обеих сторон от плоскости магнита, что повышает габариты по высоте. Кроме того, плечи внутренних статоров известного двигателя имеют ширину практически такую же, что и толщина полюса ротора. Связь каждого внутреннего статора с основанием только одним плечом приводит к усложнению изготовления, а также к снижению механической стойкости и магнитному насыщению, если число полюсов ротора велико из-за малой ширины соединительных плеч.

Шаговый многополюсный двигатель, известен из заявки Франции №2406907, также содержит ротор с постоянными магнитами чередующейся полярности, образующими N пар полюсов, распределенных вокруг центральной оси и намагничиваемых параллельно этой оси, и статорную магнитную цепь, содержащую обмотку, установленную на сердечник. Кроме того, он содержит два основных полюсных наконечника, лежащих напротив друг друга в одной плоскости, перпендикулярной указанной оси, каждый из наконечников соединен с одним из концов сердечника и имеет вогнутый край с полюсными зубцами, распределенными вокруг оси, а ротор лежит в плоскости, параллельной плоскости полюсных наконечников.

Однако эта конструкция не устраняет недостатков предыдущих конструкций, в частности, нагрузок на нижний подшипник вала ротора.

Целью изобретения является повышение точности и надежности.

На фиг. 1 показан вид в плане сверху магнитной цепи; на фиг. 2 - разрез А-А на фиг. 1; на фиг. 3 показан вид в плане фиг. 1; на фиг. 4 - 5 - виды в плане и спереди с числом пар полюсов 31 и 30; на фиг. 6 показан вид в плане сверху; на фиг. 7 - разрез Б-Б на фиг. 6; на фиг. 8 - разрез В-В на фиг. 6; на фиг. 9 - схема, поясняющая исследование оптимизации конструктивных характеристик двигателя; на фиг. 10 - график, относящийся к исследованию оптимизации характеристик; на фиг. 11 показан схематично частичный вид основных элементов двигателя с 30 парами полюсов.

Однофазный многополюсный шаговый двигатель содержит два основных полюсных наконечника 1 и 2, магнитно соединенных с концами сердечника 3, несущего катушку 4 возбуждения. В схематическом примере фиг. 1 полюсные наконечники 1 и 2 полностью плоские и соединены с сердечником 3 путем наложения с перекрытием. Связь может осуществляться сваркой или иным образом. В одном из вариантов можно было бы предусмотреть, чтобы один из полюсных наконечников был сформирован вырубкой, например, в виде одной детали с сердечником 3. В этом случае другой полюсный наконечник должен был бы иметь сгиб для того, чтобы его соединительный язычок был вытянут в контакте с одной из передних поверхностей сердечника. Материалом полюсных наконечников 1 и 2 так же, как и сердечника 3 является ферромагнитный материал с высоким пределом насыщения и малой остаточной намагниченностью.

Электродное устройство (не показано) периодически посылает импульсы чередующейся полярности в катушку 4 так, что каждый из обоих полюсных наконечников 1 и 2 поочередно выполняет функцию северного магнитного полюса и южного магнитного полюса. Как видно из фиг. 2, оба основных полюсных наконечника 1 и 2 являются компланарными. Они расположены напротив друг друга и имеют каждый внутреннюю кромку вогнутого вида, вырубленную с профилем, который имеет определенное число полюсных зубцов 5. В случае, изображенном на фиг. 1, полюсные зубцы 5 имеют трапецевидную форму и разделены промежуточными зонами 6, кромки которых представляют собой сегменты дуги, сцентрированные на оси, перпендикулярной плоскости полюсных наконечников 1 и 2.

В описанном здесь варианте выполнения полюсные зубцы каждого из обоих наконечников 1 и 2 образуют группу из семи зубцов, имеющих полюсный шаг статоров α_s . Зубцы 5 полюсного наконечника 1 расположены, как видно на фиг. 1, напротив соответствующего зубца 5 противолежащего полюсного наконечника 2, и каждая из этих пар соответствующих зубцов 5 образует воздушный зазор определенной ширины. Как видно из фиг. 1, оба воздушных зазора, о которых идет речь, неодинаковы по ширине,

однако такое положение не является критическим для достижения цели. Между обоими полюсными наконечниками 1 и 2 расположен промежуточный полюсный наконечник 7, который также представляет собой плоскую пластину такой же толщины, что и наконечники 1 и 2, также из ферромагнитного материала с малой остаточной намагниченностью и с высоким пределом насыщения. Промежуточный наконечник 7 имеет круговую форму и имеет на своей периферийной кромке две группы промежуточных зубцов 8, выполненных с профилем, являющимся дополняющим к профилю полюсных зубцов 5, и размещенных между полюсными зубцами 5 так, чтобы образовать между наконечником 7 и каждым из наконечников 1 и 2 извилистые зазоры 9 практически постоянной ширины, но небольшой ширины.

Магнитное поле в пространстве по соседству с воздушными зазорами 9 и в момент импульсов взаимодействует с ротором 10, который состоит из диска или полюсного кольца, из постоянного магнита, который имеет многополюсное намагничивание с чередующимися полюсами 11 N и S, распределенными по периферии ротора, намагниченными параллельно оси, то есть перпендикулярно плоскости магнитной цепи 1, 7, 3, 2.

На фиг. 2-4 изображено, каким образом ротор 10, который изображен схематично, взаимодействует с полюсными наконечниками 1 и 2. На фиг. 4, 5 видно, что ротор 10 намагничен таким образом, что все полюса 11 видны на одной из поверхностей 12 ротора. Вдоль кромки этой поверхности 12, следовательно, имеет место чередующееся распределение полюсов N и S с полюсным шагом, который имеет значение α_R . В изображенном примере по фиг. 4 ротор 10 намагничивается с 32 полюсами, то есть шестнадцатью парами полюсов, вследствие чего полюсный шаг α_r равен $2\pi/16$. Вид магнитного поля, создаваемого в этом пространстве полюсами 11, схематически изображен на фиг. 5. На примере фиг. 11 показан ротор с 30 парами полюсов.

На фиг. 9 показана возможная характеристика описываемого двигателя. В то же время, как угловой шаг пар полюсов ротора 10 равен α_r как это видно на фиг. 4, угловой шаг α_s полюсных зубцов каждого из наконечников 1 и 2 немного отличается от полюсного шага α_r и находится в пределах от 0,8 до 1,2 $\times \alpha_r$ с тем, чтобы свести до минимума паразитные моменты, которые могли бы нарушить работу двигателя.

При подаче в катушку управления импульса полярности, поляризующей наконечник 2 в северный полюс, а наконечник 1 в южный полюс, (фиг. 3), ротор 10 (фиг. 4) остановится в таком положении, что магнитная ось ротора, определенная, например, диаметральной линией между двумя противоположно лежащими полюсами N и S, располагается симметрично по отношению к магнитной оси статора полюсных наконечников 1 и 2. Как известно, в двигателе такого рода надо предусмотреть во время работы в шаговом режиме, чтобы в отсутствие импульса ротор самопроизвольно ориентировался в направлении, отличном от этой ориентации. Для этого необходимо предусмотреть, например, в определенных местах наконечников 1, 2 и/или 7 отверстия или элементы 13 асимметричного профиля с тем, чтобы сообщить ротору нерабочее положение, несколько отличное от того, которое изображено на фиг. 3. При последующем импульсе, если наконечник 1 поляризован в северный полюс, а наконечник 2 - в южный полюс, ротор будет подвергаться воздействию вращающего момента, который заставит его повернуться на один шаг, то есть на угол, равный $1/2 \alpha_r = 2\pi/2N$, в результате чего полюс S_b установится симметрично на один из зубцов 5 наконечника 1.

В связи с тем, что угловой шаг зубцов статора немного отличен, в данном случае несколько больше, чем угловой шаг пар полюсов ротора, соседние полюса с теми, которые были обозначены S_a и S_b на фиг. 4, не окажутся в положениях, симметричных относительно зубцов 5 полюсных наконечников 1 и 2 (фиг. 3), которые они перекрывают. Именно такое положение приведет к ослаблению или даже устранению некоторых паразитных моментов.

Прежде чем рассматривать более подробно определение условий, позволяющих

сдерживать эти паразитные моменты, ниже будет вкратце описан со ссылками на фиг. 6-8 пример применения двигателя, описываемого в практическом случае. Оба полюсных наконечника 1 и 2 закреплены посредством винтовых соединений 14 и 15 на опорной пластине 16 так, чтобы оказаться в той же самой плоскости, параллельной плоскости пластины 16. Они расположены таким же образом, что и на фиг. 1 и 3, а винтовые соединения 15 также прикрепляют по отношению к пластине 16 сердечник, на котором установлена катушка 4 возбуждения. Промежуточный полюсный наконечник 7 прикреплен на кронштейне 17 в нескольких частях, введенном в центральное отверстие пластины 16, одновременно выполняя функцию подшипника для вала 18 роторного узла 19 и опорной детали для промежуточной пластины 7. Другой подшипник 20, направляющий вал 18, прикреплен к закрывающей пластине 21 прямоугольной формы, которая удерживается на расстоянии от опорной пластины 16 с помощью винтовых соединений 14.

Роторный узел 19 описанного двигателя содержит кольцевой якорь 21, профиль которого виден на фиг. 8, через который проходит вал 18 и в котором фальцевкой закреплено намагничиваемое кольцо 10 ротора. Вал 18 проходит в виде выступа над пластиной 21 и может принимать соединительный элемент, который поддерживает любой элемент, который должен быть приведен в движение ротором. В крупносерийном производстве роторный узел 19 может изготавливаться полностью или частично с помощью операции инъектирования магнитного материала, как, например, пластоферрита.

Двойная шестерня роторного узла содержит две части 23 и 24 различного диаметра, что позволяет приводить в движение вращающиеся органы зубчатого часового механизма, вал 18 обеспечивает вращение ротора в подшипниках и несет секундную стрелку. Кольцевой якорь 22 ротора установлен на корпусе 25, центральную часть которого образует средство 26.

Обратимся теперь к одной из характеристик описанной конструкции, благодаря которой возможно свободное определение определенных конструктивных параметров в зависимости от требуемых для получения параметров.

Как видно из фиг. 3, благодаря наличию промежуточного полюсного наконечника 7 магнитный поток, который создается в этом пространстве в момент импульсов, строго направляется извилистым воздушным зазором 9.

На графике фиг. 10 показан вид различных моментов, которые надо учитывать для определения размеров двигателя. Кривая момента M_i обозначает силовой момент, который воздействует на ротор в момент импульса в зависимости от его углового положения относительно статора. Это периодическая кривая, период которой равен $\alpha_s = 2\pi/N$. Кривая M_p обозначает фиксирующий момент, который обеспечивает позиционирование ротора в течение периодов между импульсами. Ее период равен $\alpha_s/2$, то есть $2\pi/2N$. Кривая, обозначаемая M_{par} , обозначает одну из многих паразитных кривых, наличие которых зависит от формы и шага полюсных зубцов 5 наконечников 1, 2. Форма этой кривой может быть изменена в результате тщательного подбора параметра k , который дает соотношение между шагом полюсных зубцов и шагом полюсов ротора. Эти паразитные моменты представляют собой гармоники высшего ряда момента позиционирования M_i . Можно добиться устранения второй и четвертой гармоник в результате точного выбора соотношения. И, наконец, линия M_r обозначает момент сопротивления от трения, вызываемого подшипником. Момент M_w обозначает сумму внешних механических моментов, действующих на ротор, как, например, момента трения в зубчатой передаче, момента дебаланса стрелок и т.д.

Уже были проведены экспериментальные исследования на опытном образце, которые позволили признать, что можно составить для данного образца график, изображенный на фиг. 10, который дает форму изменения амплитуд моментов M_i и M_{par} в зависимости от значения, которое выбирают для параметра k . На фиг. 10 паразитный

момент M_{par} представляет собой момент второй гармоники M_p , и видно, например, что этот паразитный момент может быть устранен с помощью выбора значения 1,04 для коэффициента K . В то время, как этот коэффициент приводит к некоторому уменьшению амплитуды M_i это уменьшение невелико.

Таким образом, изобретение позволяет легко изготовить двигатель малых размеров и, в частности, малой высоты с высоким числом шагов наоборот и, в частности, с 60 шагами за оборот. Размеры этого двигателя могут быть разработаны таким образом, чтобы условия работы были оптимальными, в частности, с точки зрения расхода тока, максимально сведенного до минимума. Этот двигатель позволяет изготавливать детали для часов, в которых секундная стрелка может быть установлена непосредственно на приводной вал, что значительно снижает значение необходимых зубчатых передач.

Как было видно на фиг. 3, в описанном варианте выполнения намагничивание ротора приводит к тому, что все полюса чередующейся полярности выполнены на одной стороне намагниченного кольца. Возможна и иная форма осуществления, где ротор намагничен чисто параллельно к оси, то есть, обе его поверхности намагничены, а полюса одной из его сторон всегда прямо противоположны полюсам противоположного знака на противоположной его стороне. Возможен вариант выполнения средства фиксирования ротора в виде ферромагнитных элементов, расположенных напротив кромки ротора или его передней поверхности, лежащей напротив полюсных наконечников. Многочисленные варианты описанного осуществления возможны.

Таким образом, изобретение позволяет получить шаговый двигатель с 60 шагами за оборот при простой его конструкции с малой высотой без значительного снижения КПД.

Формула изобретения

1. Многополюсный шаговый двигатель, содержащий ротор с постоянными магнитами чередующейся полярности, образующими N пар полюсов, распределенных вокруг центральной оси и намагниченных параллельно этой оси, магнитопровод статора с обмоткой, размещенной на сердечнике, и двумя основными полюсными наконечниками, лежащими напротив друг друга в одной плоскости, перпендикулярной к центральной оси ротора, причем каждый из этих наконечников соединен с концом сердечника и имеет вогнутый край с полюсными зубцами, распределенными вокруг указанной оси, а ротор вытянут в плоскости, параллельной плоскости основных наконечников, отличающийся тем, что, с целью повышения точности и надежности, он снабжен промежуточными зубчатым полюсным наконечником, размещенным между основными полюсными наконечниками, причем зубцы промежуточного полюсного наконечника расположены между зубцами основных полюсных наконечников с образованием извилистых воздушных промежутков.

2. Двигатель по п. 1, отличающийся тем, что профили зубцов промежуточного полюсного наконечника и основных полюсных наконечников дополняют друг друга, а извилистые воздушные промежутки между ними имеют приблизительно постоянную ширину.

3. Двигатель по п. 2, отличающийся тем, что угловой шаг зубцов полюсных наконечников статора GCS - связан с угловым шагом ($X\theta$ полюсов ротора соотношением

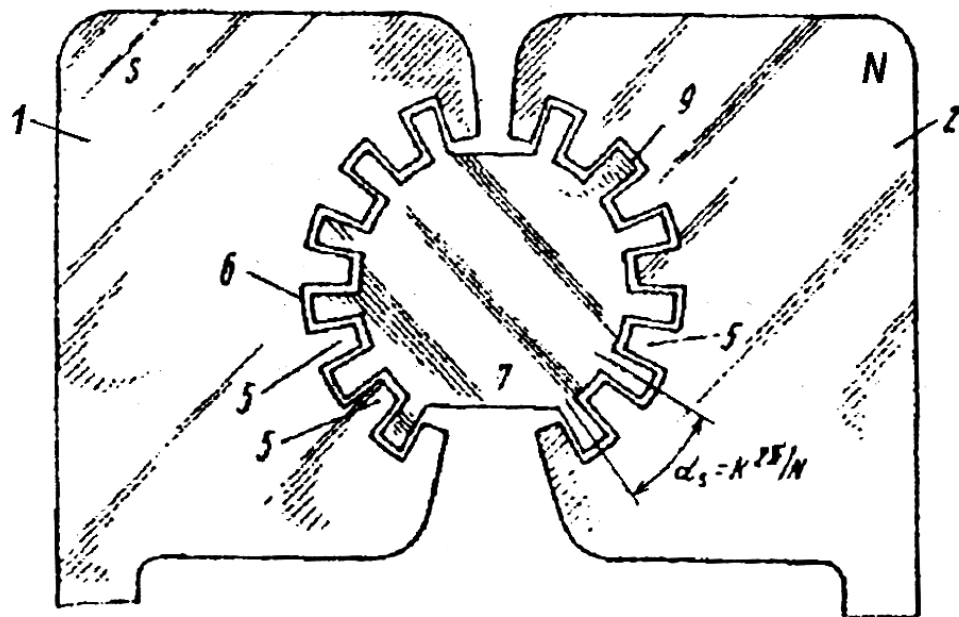
$$\alpha_s = k \cdot \alpha_r,$$

где $K = 0,8 - 1,2$;

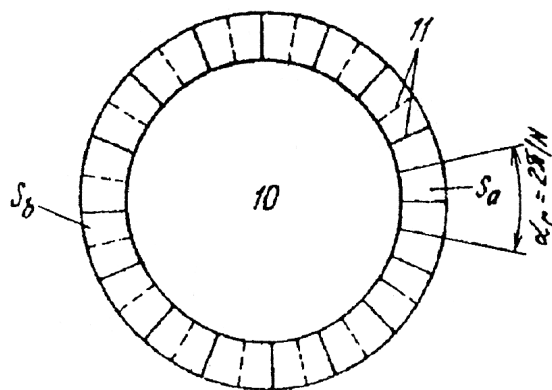
$\alpha_r = 2\pi/N$, где N - число пар полюсов ротора.

4. Двигатель по п. 1, отличающийся тем, что асимметричный элемент выполнен в виде ряда отверстий, выполненных в основных полюсных наконечниках и/или в дополнительных полюсных наконечниках.

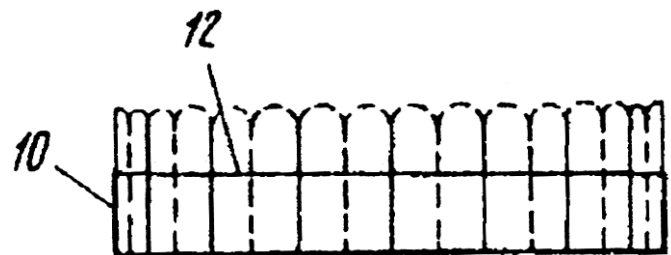
5. Двигатель по пп. 1-4, отличающийся тем, что ротор содержит 30 пар полюсов, распределенных на одной из его торцевых поверхностей, обращенной к основным наконечникам.



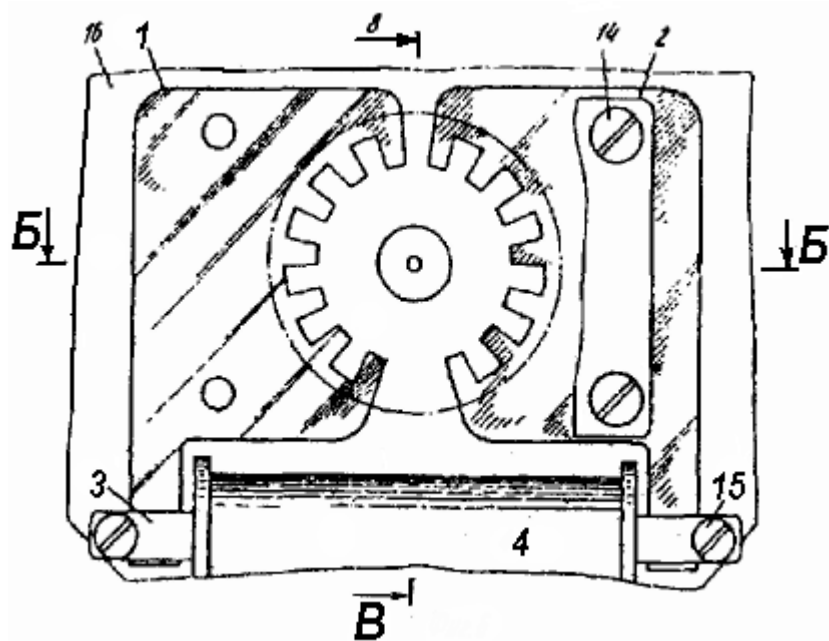
Фиг. 3



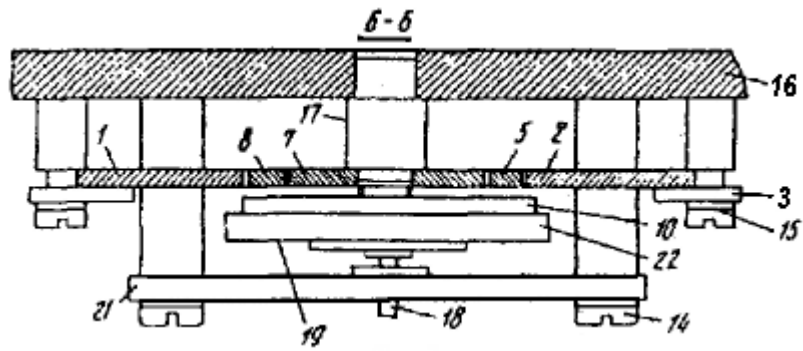
Фиг. 4



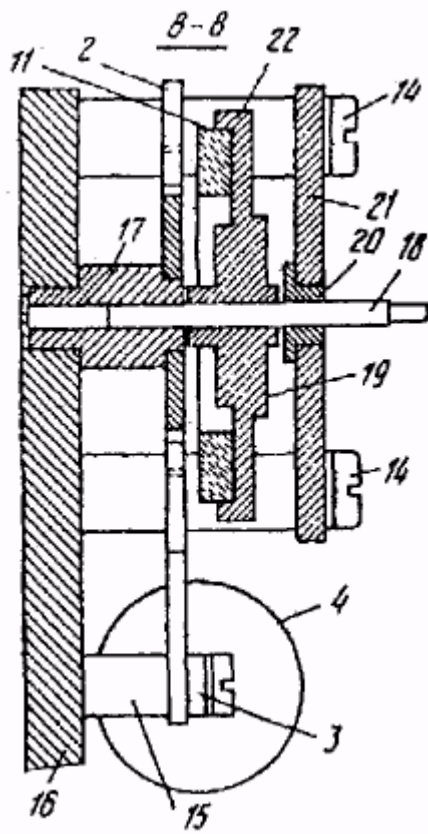
Фиг. 5



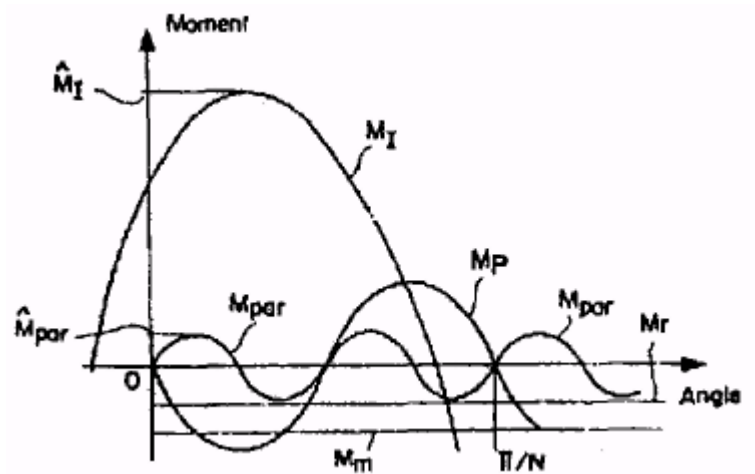
Фиг. 6



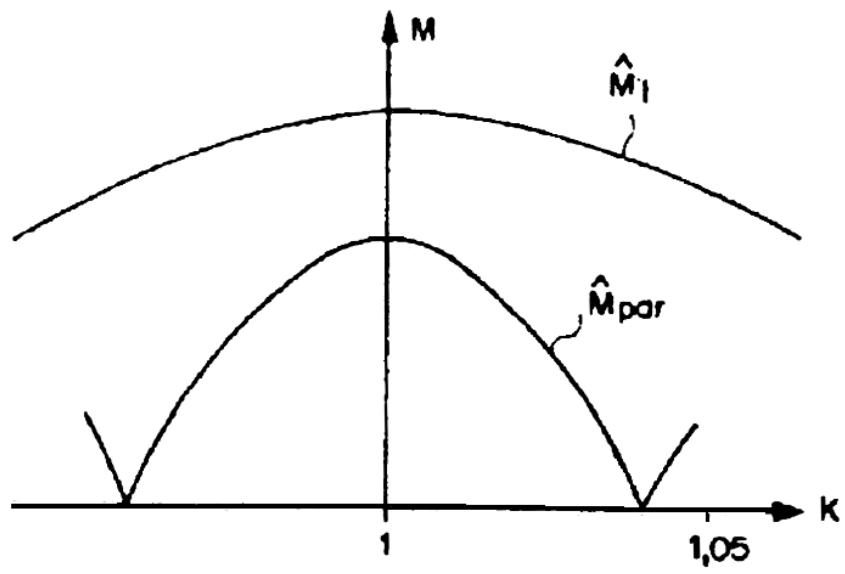
Фиг. 7



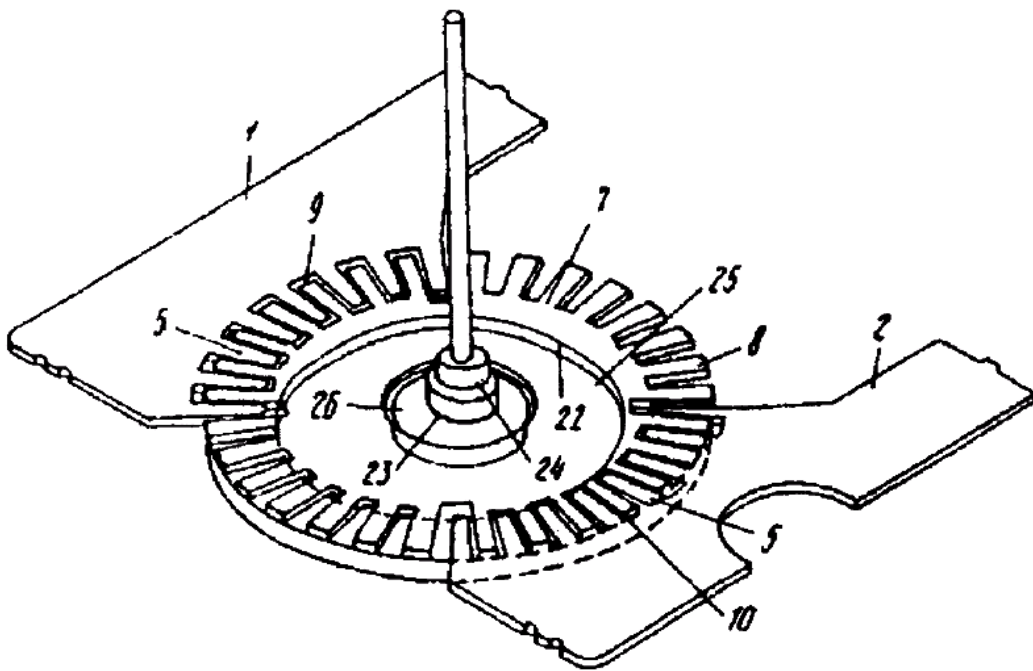
Фиг. 9



Фиг. 10



Фиг. 10



Фиг. 11

Ответственный за выпуск

Ногай С.А.

Кыргызпатент, 720021, г. Бишкек, ул. Московская, 62, тел.: (312) 68 08 19, 68 16 41, факс: (312) 68 17 03