

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: прекратил действие, но может быть восстановлен (последнее изменение статуса: 17.11.2015)  
Пошлина: учтена за 3 год с 28.03.2014 по 27.03.2015(21)(22) Заявка: 2012111761/11, 27.03.2012(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
27.03.2012

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 27.03.2012

(45) Опубликовано: 27.06.2013 Бюл. № 18(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: US 5321988 A, 21.06.1994. US  
5823049 A, 20.10.1998. US 5016487 A,  
21.05.1991. SU 1569470 A2, 07.06.1990.

Адрес для переписки:

344068, г.Ростов-на-Дону, пр. М.  
Нагибина, 33А/47, офис 305, Директору  
ООО "Эколот", Г.В. Корневскому

(72) Автор(ы):

Корневский Геннадий Витальевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Общество с ограниченной  
ответственностью "Эколот" (RU)

## (54) ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ

(57) Реферат:

Изобретение относится к машиностроению и может быть использовано в различных устройствах для преобразования вращательного движения. Преобразователь вращательного движения содержит ведущий и ведомый валы и неподвижный реакционный диск с радиальным пазом. С ведущим валом жестко соединен диск-кулачок с пазом, являющийся ведущим звеном. С ведомым валом жестко соединен приводной диск с пазом, являющийся ведомым звеном. Ведущие и ведомые звенья, а также реакционный диск взаимодействуют посредством связующего звена в виде тела вращения. Паз ведущего звена выполнен криволинейным и по средней линии имеет вид составной замкнутой фигуры, состоящей из двух пар сопрягаемых участков в виде дуг с переменной и дуг с постоянной кривизной. Паз ведомого звена выполнен в виде асимметричной фигуры с участком в форме дуги с переменной кривизной с угловой протяженностью 180°. Для ведущего звена два участка паза с постоянной кривизной имеют различные радиусы дуги  $R_2 > R_1$  с общим центром. Для ведомого звена средняя линия является дугой логарифмической спирали, для которой зависимость текущего значения радиус-вектора  $R$  от угла  $\varphi$  его поворота описывается выражением  $R = R_1 \cdot \exp(b_2 \cdot \varphi)$ , где параметр спирали  $b_2 = \ln(R_2/R_1)/180^\circ$ . Техническим результатом является расширение кинематических возможностей устройства. 2 з.п. ф-лы, 10 ил.

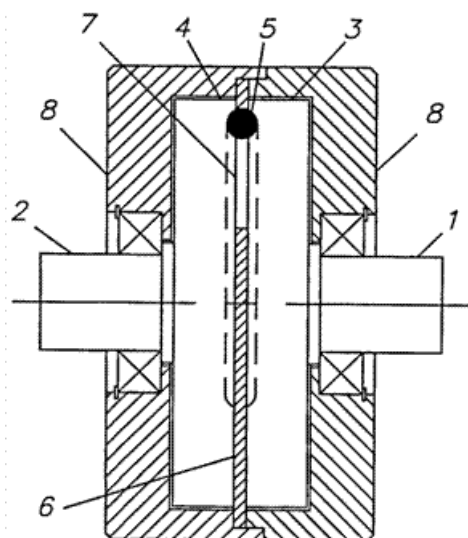


Fig. 3

Область техники, к которой относится изобретение

Изобретение относится к машиностроению и может быть использовано в различных устройствах для преобразования вращения ведущего вала в вращательно-колебательное движение - вращение с циклическим реверсированием соосно расположенного с ним ведомого вала.

Уровень техники

Известны механизмы для преобразования однонаправленного вращательного движения в колебательное [1], в которых за счет применения системы зубчатых колес внешнего и внутреннего прерывистого зацепления имеется возможность циклически изменять угловую скорость ведомого вала, которая меняет свой знак каждые  $360^\circ$  по углу поворота, т.е. через один оборот, ведущего вала. Интервал реверсирования ведомого вала может быть и меньше  $360^\circ$ , что достигается изменением передаточного отношения зубчатых колес.

Известен преобразователь скорости ("speed converter") [2, 3], содержащий ведущий и ведомый валы, связанные с ними ведущее и ведомое звенья в виде кулачков, рабочие поверхности которых выполнены в виде криволинейных пазов, по которым осуществляется силовое взаимодействие ведущего и ведомого звеньев посредством связующих звеньев (одного или нескольких), в частности шариков. Ведущее и ведомое звенья выполнены преимущественно в виде дисков, на плоской поверхности которых имеются пазы постоянного сечения по всей длине замкнутого контура. Средние линии контура пазов ведущего и ведомого звеньев представляют собой дуги спирали Архимеда, т.к. в них имеет место линейное приращение длины радиус-вектора от его угла поворота. При этом для случая редуктора кривизна пазов более медленного звена (ведомого) меньше, чем кривизна более быстрого звена (ведущего). Поскольку преобразователь скорости предназначен для передачи вращения в любую сторону (по и против часовой стрелки), в целом контуры пазов ведущего и ведомого звеньев обладают осевой симметрией. Между ведущим и ведомым звеном располагается неподвижный диск с радиальными пазами (одним или несколькими) - реакционный диск ("reaction-disk"), который допускает только осциллирующее движение связующих звеньев (шариков) в радиальном направлении, а тангенциальные составляющие нагрузок, действующих со стороны ведущего и ведомого звеньев, компенсирует реакциями корпуса преобразователя скорости. В [3] указана возможность регулирования скорости ведомого звена за счет того, что реакционный диск приводится во вращение от постороннего управляемого источника движения ("control"), однако механизм этого управления не раскрывается, поэтому можно считать, что указанное устройство не обладает функцией реверсирования вращения ведомого вала при однонаправленном вращении ведущего вала.

Для достижения прерывистого движения в [3] предложено в контур паза ведущего звена включать участки с постоянной кривизной - дуги с фиксированным радиусом, что позволит временно зафиксировать связующие звенья (шарики) в радиальном направлении и исключить передачу движения ведомому звену.

Известно также устройство для передачи вращения [4], содержащее неподвижный мальтийский крест, приводной диск и направляющий кулачок с набором из двух пар пазов в плане в виде правильных многоугольников и в сечении в виде каналов прямоугольной формы, которые взаимодействуют посредством связующих звеньев в виде тел вращения, по одному на каждую пару пазов. Указанное устройство позволяет производить изменение направления вращения ведомого вала с попутного на встречное без реверсирования ведущего вала. Однако изменение направления вращения ведомого вала предполагает остановку устройства для осуществления его переналадки, в частности для перестановки связующих звеньев типа блока роликов.

Неподвижный элемент устройства, содержащий радиальные пазы, назван в [4] «мальтийским крестом», хотя таковым не является. Так как основная функция радиального паза компенсировать тангенциальные составляющие нагрузок, действующих на связующее звено реакциями корпуса устройства, и не препятствовать в передаче радиальных составляющих нагрузок, то следуя [2], элемент устройства с радиальным пазом, правильней называть реакционным диском.

Исполнение направляющих пазов в виде правильных многоугольников вызывает значительные ударные нагрузки в связующих звеньях, особенно при переходе с одной грани паза к другой, что связано с мгновенным изменением траектории движения, например поворотом на  $90^\circ$ , для случая когда паз в форме квадрата.

Указанное устройство не позволяет реализовать закон изменения угла поворота выходного звена от времени, подобный кусочно-линейной аппроксимации синусоиды, при котором равномерные вращения в прямом и обратном направлениях чередовались бы остановками.

Указанное устройство предназначено для передачи вращения во встречном направлении, т.е. является преобразователем вращательного движения в реверсивное движение, поэтому по совокупности признаков, наиболее близких к совокупности существенных признаков изобретения, оно может быть выбрано в качестве прототипа.

Целью изобретения является расширение кинематических возможностей устройства и передача ведомому валу вращательно-колебательного движения за счет внутреннего циклического реверсирования.

#### Раскрытие изобретения

Поставленная цель достигается тем, что в известном преобразователе вращательного движения, содержащем соосные ведущий и ведомый валы, неподвижный реакционный диск с радиальным пазом, приводной диск, являющийся ведомым звеном и жестко соединенный с ведомым валом, направляющий диск-кулачок, являющийся ведущим звеном и жестко соединенный с ведущим валом, с набором пазов, которые взаимодействуют посредством связующего звена в виде тела вращения, пазы выполнены криволинейными и по средней линии имеют вид составной замкнутой осесимметричной фигуры, состоящей из двух пар сопрягаемых участков в форме дуг с переменной и дуг с постоянной кривизной, для ведущего звена, и в виде асимметричной фигуры с единственным участком в форме дуги с угловой протяженностью в  $180^\circ$ , с переменной кривизной для ведомого звена.

Мгновенное изменение направления вращения ведомого вала с попутного на встречное и наоборот (циклическое реверсирование), сопряжено с возникновением высоких динамических (ударных) нагрузок в кинематических элементах устройства, поэтому целесообразно чередовать интервалы собственно вращения кратковременными остановками (выстоями). Однако наличие таких остановок приводит к необходимости совершать движение ведомого вала в попутном направлении с угловой скоростью, большей, чем угловая скорость ведущего вала. Так, если общую продолжительность выстоя выразить в долях  $p < 1$  периода вращения ведущего вала, то для поворота ведомого вала на  $180^\circ$  ведущий вал должен повернуться на  $(1-p) \cdot 180^\circ$ , а разницу  $p \cdot 180^\circ$  «потерять» на выстой. В этом случае угловая скорость ведомого вала в попутном направлении должна быть в  $M$  раз больше, чем угловая скорость ведущего вала, где  $M = 1/(1-p)$ .

Использовать принцип преобразования движения ведущего звена в движение ведомого звена, примененный в прототипе, нельзя, т.к. контуры пазов на ведущем и ведомом звеньях идентичны и в любой момент времени осесимметричны относительно оси паза реакционного диска и, следовательно, обеспечивают постоянно равенство угловых скоростей ведомого и ведущего звеньев. Это постоянство вызвано тем, что угол между касательной к контуру паза (грани) и осью паза реакционного диска хотя и меняется от  $90^\circ$  до половины угла при вершине контура, но остается в силу симметрии одинаковым и для паза направляющего диска-кулачка и для паза приводного диска. Но тангенс этого угла имеет смысл производной линии контура по углу поворота (времени), что и означает равенство угловых скоростей ведомого и ведущего звеньев.

Известно, что логарифмическая спираль [5] характеризуется тем, что «угол, составляемый касательной в произвольной точке логарифмической спирали с радиус-вектором точки касания, постоянен». Это, в свою очередь, означает постоянство производной радиус-вектора по углу его поворота.

Поэтому если пазы направляющего диска-кулачка и приводного диска выполнить в виде логарифмических спиралей, одинаковых по форме, но различных по направлению закрутки витков, то взаимодействие ведущего и ведомого звеньев посредством связующих звеньев и паза неподвижного реакционного диска будет происходить с постоянной угловой скоростью ведомого звена, равной, но противоположной по знаку угловой скорости ведущего звена.

Если же потребовать различия угловых скоростей ведомого и ведущего звеньев, то оно может быть обеспечено с помощью соответствующих пазов, не одинаковых по форме. Так если уравнение в полярных координатах средней линии (1) паза направляющего диска-кулачка записывается в виде  $r_1 = a_1 \cdot \exp(b_1 \cdot \varphi)$ , а уравнение средней линии (2) паза приводного диска в виде  $r_2 = a_2 \cdot \exp(b_2 \cdot \varphi)$ , где  $\varphi$  - угол поворота

радиус-вектора, то в точке пересечения средних линий пазов угловые скорости звеньев ведущего  $\omega_1$  и ведомого  $\omega_2$  будут относиться как  $\omega_1/\omega_2=b_2/b_1$ . Если потребовать чтобы  $\omega_2/\omega_1=M>1$ , то  $b_2=b_1/M$ , т.е. кривизна 2-й линий должна быть большей, чем 1-й.

Для обеспечения выстоя необходимо, чтобы нормаль к поверхности паза, по которой происходит силовое взаимодействие паза и связующего звена, проходила через ось вращения ведущего звена. Этому условию отвечает участок паза, выполненный в виде круговой дуги с центром на оси вращения.

Таким образом, цель обеспечения возможности передачи ведомому валу вращательно-колебательного движения за счет внутреннего циклического реверсирования достигается за счет выполнения паза направляющего диска-кулачка состоящим (по средней линии) из четырех участков: двух участков в виде круговых дуг различных радиусов  $R_1$  и  $R_2>R_1$  с общим центром для осуществления выстоя и двух участков в виде дуг логарифмической спирали, для которой зависимость текущего значения радиус-вектора  $R$  от угла  $\phi$  его поворота описывается выражением  $R=R_1*\exp(b_1*\phi)$ , а для паза ведомого звена средняя линия является дугой логарифмической спирали, для которой зависимость текущего значения радиус-вектора  $R$  от угла  $\phi$  его поворота описывается выражением  $R=R_1*\exp(b_2*\phi)$ , где параметр спирали  $b_2=\ln(R_2/R_1)/180^\circ$ , кривизна которой в сходственных точках (с тем же значением радиус-вектора) больше чем спирали, по которой выполнен паз направляющего диска-кулачка.

Краткое описание чертежей

На Фиг.1а показаны временные диаграммы изменения угла поворота  $\phi_1$  ведущего вала, вращающегося с постоянной угловой скоростью  $\omega_1$ , и угла поворота  $\phi_2$  ведомого вала в виде кусочно-линейной аппроксимации синусоиды с узловыми точками 1, 2, 3 и 4 и периодом  $T=2\pi/\omega_1$ .

На Фиг.1б, в показана иллюстрация механизма влияния кривизны и направления закрутки спирали средней линии паза ведомого звена на величину и направление его угловой скорости  $\omega_2$ .

На Фиг.2а показан осесимметричный контур (пунктирная линия) паза ведущего звена с средней линией, состоящей из четырех участков: двух с постоянными радиусами кривизны  $R_1$  и  $R_2$  и двух спиральных - с правой "г" (по часовой стрелке) и левой "г" (против часовой стрелки) закруткой спирали. Сектора, соответствующие участкам с постоянными радиусами кривизны  $R_1$  и  $R_2$ , на которых обеспечивается выстой ведомого звена, обозначены цифрами 1 и 2 соответственно. Они же служат и нумерацией самих выстоев: выстой №1 и выстой №2

На Фиг.2б показан контур (сплошная линия) паза "d" ведомого звена, средняя линия которого выполнена по логарифмической спирали такой, что минимальный радиус-вектор  $R_1$  и максимальный радиус-вектор  $R_2$  одинаковы с соответствующими радиусами кривизны  $R_1$  и  $R_2$  на Фиг.2а и связаны соотношением  $R_2=R_1*\exp(b_2*180^\circ)$ , и, наоборот, параметр спирали  $b_2=\ln(R_2/R_1)/180^\circ$ . Там же показан контур радиального паза "g" реакционного диска, длина прямолинейной части которого равна разности  $R_2-R_1$ .

На Фиг.3 показан продольный разрез преобразователя.

Преобразователь содержит ведущий вал 1, ведомый вал 2, направляющий диск-кулачок (ведущее звено) 3, приводной диск (ведомое звено) 4, связующее звено 5, реакционный диск 6 с радиальным пазом 7. Валы 1 и 2 установлены на подшипниках в корпусе 8, половины которого сцентрированы. Реакционный диск 6 жестко связан с корпусом 8.

На Фиг.4 показаны положения паза ведущего звена (пунктирная линия), паза ведомого звена (сплошная линия) и связующего звена (круг с заливкой черным цветом), соответствующие различным узловым точкам временной диаграммы на Фиг.1а, а именно:

- на Фиг.4а положение звеньев в точке 3 - конец выстоя №2, начало встречного движения ведомого звена;
- на Фиг.4б положение звеньев в точке 4 - конец встречного движения ведомого звена, начало выстоя №1;
- на Фиг.4в положение звеньев в точке 1 - конец выстоя №1, начало спутного движения ведомого звена;
- на Фиг.4г положение звеньев в точке 2 - конец спутного движения ведомого звена, начало выстоя №2.

Осуществление изобретения

Изобретение может быть осуществлено в виде устройства, изображенного на Фиг.3. При передаче вращения от внешнего источника к ведущему валу 1 происходит поворот направляющего диска-кулачка 3 (ведущее звено) вокруг своей оси, например против часовой стрелки, как на Фиг.4. При этом направляющий диск-кулачок 3 через рабочую поверхность своего паза воздействует на связующее звено 5, например шарик. Радиальный паз 7 в реакционном диске 6, закрепленном в корпусе 8, не позволяет связующему звену 5 двигаться в направлении, отличном от радиального,

совершая осциллирующие движения за время одного оборота ведущего звена 3. При этом на участках пазов направляющего диска-кулачка 3 с постоянным радиусом кривизны связующее звено 5 временно прекращает движение в радиальном направлении, а следовательно, и передачу движения ведомому звену 4, что означает выстой ведомого вала 2. На участках пазов направляющего диска-кулачка 3 с переменным радиусом кривизны связующее звено 5 движется к центру реакционного диска 6, если участок пазов направляющего диска-кулачка 3 имеет левую закрутку спирали ("l" на Фиг.2а), и от центра - если правую ("r" на Фиг.2а). Связующее звено 5, воздействуя на внешнюю или внутреннюю поверхность пазов приводного диска (ведомое звено) 4, заставляет его вращаться по часовой стрелке, как на Фиг.4б, или против часовой стрелки, как на Фиг.4г соответственно.

Паз направляющего диска-кулачка 3 имеет в сходственных точках кривизну, меньшую, чем паз приводного диска 4, что приводит к различию угловых скоростей ведущего  $\omega_1$  и ведомого  $\omega_2$  звеньев. Как следует из Фиг.1б, для того чтобы связующее звено 5 в радиальном пазу 7 сместилось на  $dR$  необходимо повернуть направляющий диск-кулачок 3 на угол  $\delta\phi_1$ . При этом смещение связующего звена 5 на  $dR$  возможно только при повороте приводного диска 4 на угол  $\delta\phi_2$ . Но  $\delta\phi_2 > \delta\phi_1$ , что означает  $\omega_2 > \omega_1$ , и это справедливо для любой закрутки спирали средней линии пазов направляющего диска-кулачка 3.

Таким образом, левосторонняя ветвь "l" пазов направляющего диска-кулачка 3 ответственна за правое (по часовой стрелке) вращение приводного диска 4 на  $180^\circ$ , правосторонняя ветвь "r" пазов направляющего диска-кулачка 3 ответственна за левое (против часовой стрелки) вращение приводного диска 4 на  $180^\circ$ , а участки пазов направляющего диска-кулачка 3 с постоянной кривизной ответственны за обеспечение выстоя перед реверсированием приводного диска 4.

Источники информации

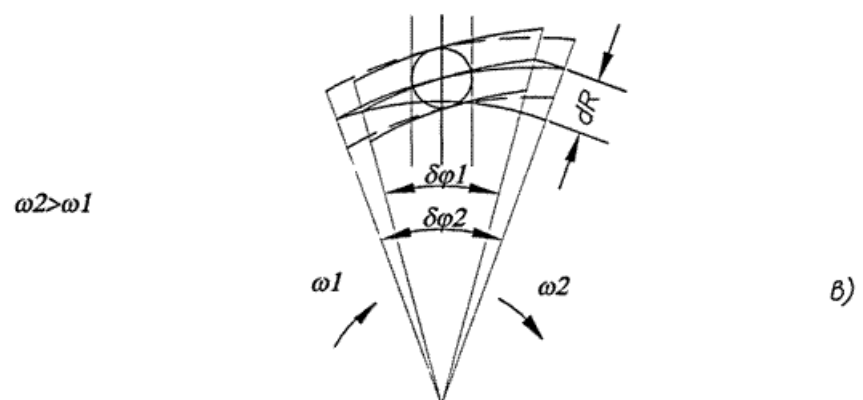
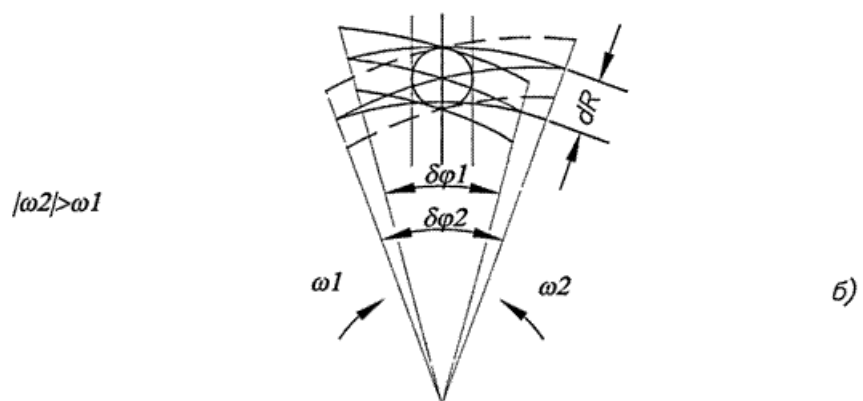
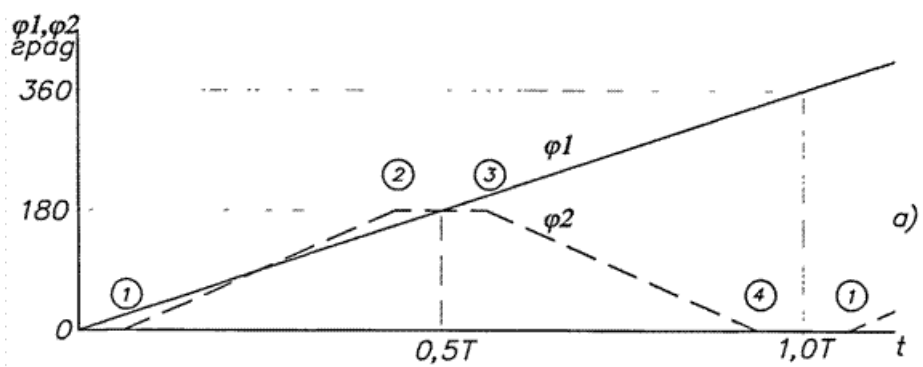
1. Пат. US 3516267, 1970.
2. Пат. US 5312306, 1994.
3. Пат. EP 0575561 B1, 1997.
4. Пат. SU 1556214, 1995.
5. [www.ru.wikipedia.org/wiki/Логарифмическая\\_спираль](http://www.ru.wikipedia.org/wiki/Логарифмическая_спираль).

#### Формула изобретения

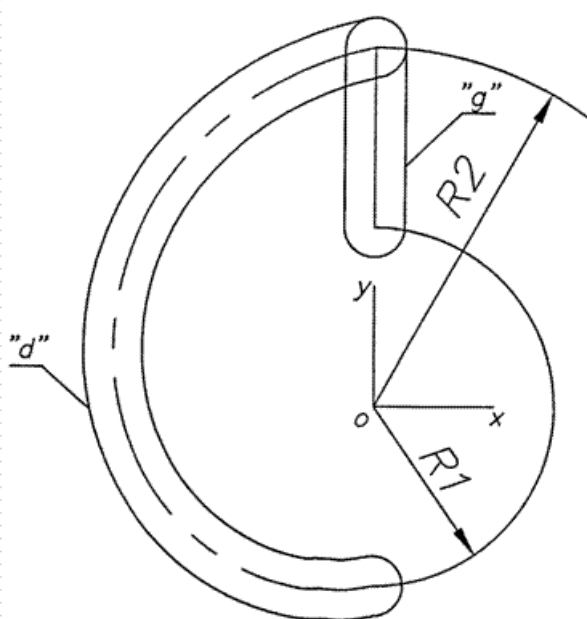
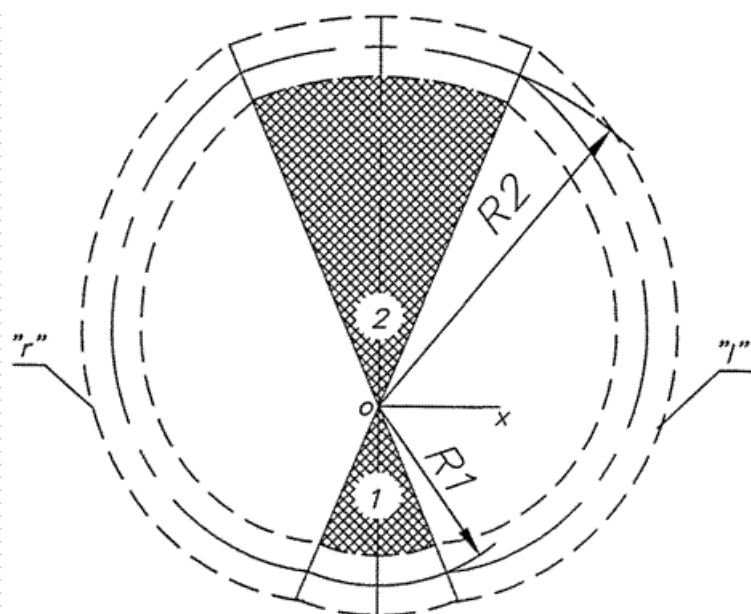
1. Преобразователь вращательного движения, содержащий соосные ведущий и ведомый валы, неподвижный реакционный диск с радиальным пазом, приводной диск, являющийся ведомым звеном и жестко соединенный с ведомым валом, направляющий диск-кулачок, являющийся ведущим звеном и жестко соединенный с ведущим валом, с набором пазов, которые взаимодействуют посредством связующего звена в виде тела вращения, отличающийся тем, что, с целью расширения кинематических возможностей устройства и передачи ведомому валу вращательно-колебательного движения за счет внутреннего циклического реверсирования, пазы выполнены криволинейными и по средней линии имеют вид составной замкнутой осесимметричной фигуры, состоящей из двух пар сопрягаемых участков в форме дуг с переменной и дуг с постоянной кривизной для ведущего звена, и в виде асимметричной фигуры с единственным участком в форме дуги с угловой протяженностью  $180^\circ$ , с переменной кривизной для ведомого звена, причем для ведущего звена два участка пазов с постоянной кривизной должны иметь различные радиусы дуги  $R_2 > R_1$  с общим центром, а для пазов ведомого звена средняя линия является дугой логарифмической спирали, для которой зависимость текущего значения радиуса-вектора  $R$  от угла  $\phi$  его поворота описывается выражением  $R = R_1 \cdot \exp(b_2 \cdot \phi)$ , где параметр спирали  $b_2 = \ln(R_2/R_1)/180^\circ$ .

2. Преобразователь по п.1, отличающийся тем, что, с целью передачи ведомому валу вращательно-колебательного движения с остановками, предшествующими его реверсированию, с продолжительностью, выраженной в долях  $p < 1$  периода вращения ведущего вала, для пазов ведущего звена средняя линия участков с переменной кривизной является дугой логарифмической спирали, для которой зависимость текущего значения радиуса-вектора  $R$  от угла  $\phi$  его поворота описывается выражением  $R = R_1 \cdot \exp(b_1 \cdot \phi)$ , где параметр спирали  $b_1 = b_2/(1-p)$ .

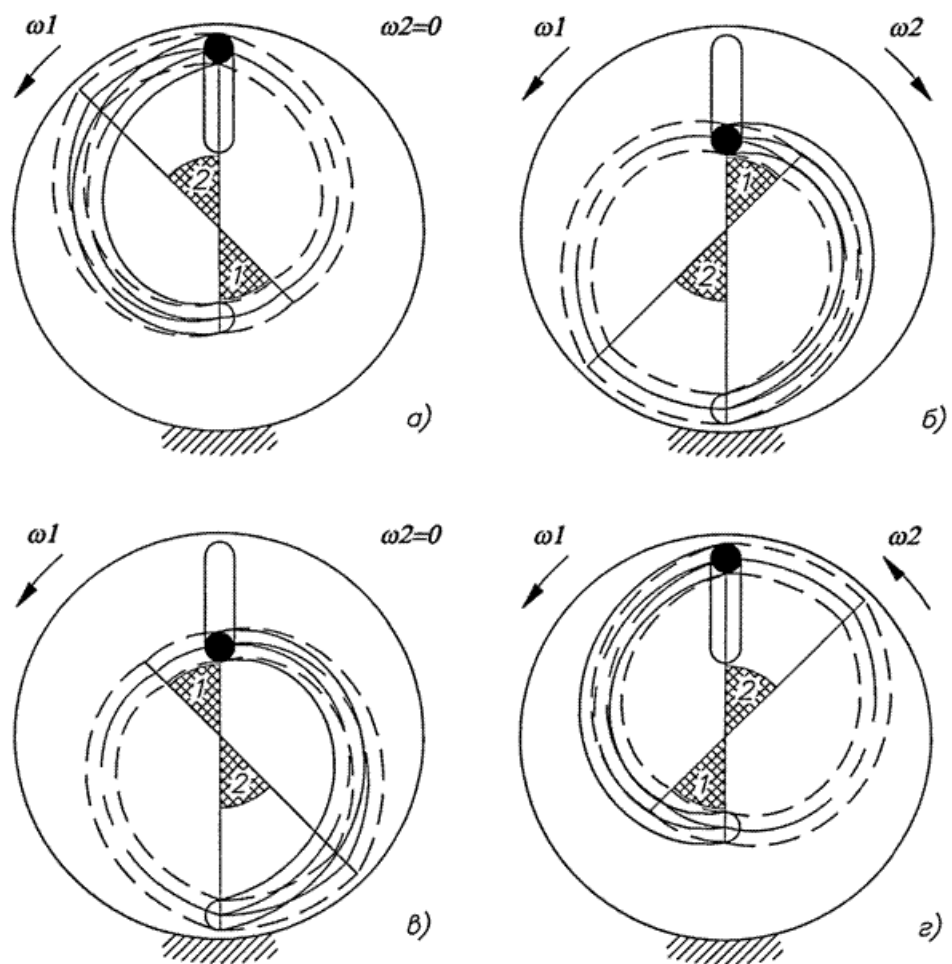
3. Преобразователь по п.1, отличающийся тем, что, с целью упрощения конструкции, связующее звено в виде тела вращения имеет форму шара.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 4

# ИЗВЕЩЕНИЯ

ММ4А Досрочное прекращение действия патента из-за неуплаты в установленный срок пошлины за поддержание патента в силе

Дата прекращения действия патента: 28.03.2015

Дата публикации: [10.11.2015](#)