



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

(51) МПК

F16H 25/06 (2006.01)F03D 7/00 (2006.01)

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: действует (последнее изменение статуса: 27.06.2016)  
Пошлина: учтена за 3 год с 21.04.2017 по 20.04.2018

(21)(22) Заявка: 2015114765/11, 20.04.2015(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
20.04.2015

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 20.04.2015

(45) Опубликовано: 27.06.2016 Бюл. № 18(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: ЕР 349467 А, 03.01.1990. RU  
2491455 С1, 27.08.2013. MD 20040214 А,  
28.02.2006. US 20040242364 А1,  
02.12.2004.

Адрес для переписки:

125993, Москва, ГСП-3, Волоколамское  
ш., 4, ФГБОУ ВО "Московский  
авиационный институт" (МАИ)

(72) Автор(ы):

Самсонович Семен Львович (RU),  
Степанов Вилен Степанович (RU),  
Красковский Николай Владимирович  
(RU),  
Крылов Николай Валерьевич (RU),  
Ковалев Константин Львович (RU),  
Егошкина Людмила Александровна  
(RU)

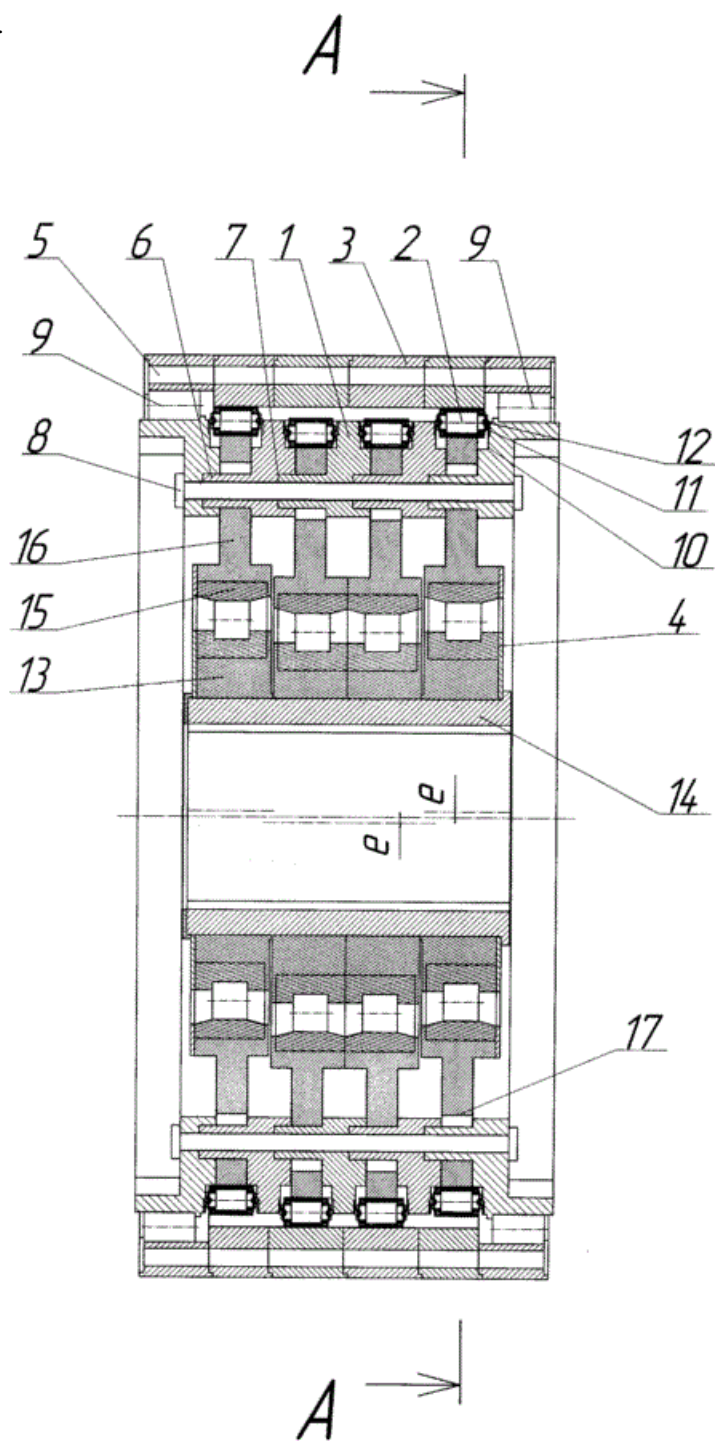
(73) Патентообладатель(и):

Российская Федерация, от имени  
которой выступает Государственная  
корпорация по атомной энергии  
"Росатом" (RU),  
Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего  
профессионального образования  
Московский авиационный институт  
(национальный исследовательский  
университет) (МАИ) (RU)

## (54) МУЛЬТИПЛИКАТОР ВЫСОКОМОЩНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

(57) Реферат:

Изобретение относится к машиностроению, а более конкретно к устройствам, преобразующим механическую энергию низкооборотного привода в электрическую энергию. Мультипликатор высокомошной энергетической установки содержит сепаратор (1) с телами качения (2), неподвижное жесткое колесо (3) и волнообразователь 4. Сепаратор, жесткое колесо и волнообразователь выполнены из набора секций, каждая из которых сочленяется с соседними по поверхностям одинаковых диаметров. В волнообразователе (4) выполнены окна в форме сегментов. На торцевых поверхностях секций сепаратора выполнены радиальные пазы (10, 11) двух размеров, больший (10) соответствует наружному диаметру тел качения волновой передачи, а меньший (11) - диаметру торцевых шариков (12). На краях осей (18) расположены подшипники качения (19). Достигается повышение КПД



Фиг. 1

Изобретение относится к энергетике и машиностроению, а именно к механизмам, преобразующим кинетическую энергию воздушных масс в электрическую энергию, предназначено для использования в энергетических установках большой мощности (порядка 1 МВт) и размещается между низкооборотным ротором турбины и ротором электрогенератора.

Известны мультипликаторы, установленные между роторами ветротурбины и электрогенераторами.

В ветроэнергетических установках фирмы «Vestas» - V112-3,0 мВт с номинальной мощностью генератора 3075 кВт, использован мультипликатор, состоящий из 4-х ступеней планетарных передач и 2-х ступеней косозубых цилиндрических передач (см. [http://www.thefuturebuild.com/assets/images/uploads/products/1713/v112-3.0mw\\_offshore\\_uk1.pdf](http://www.thefuturebuild.com/assets/images/uploads/products/1713/v112-3.0mw_offshore_uk1.pdf)).

В ветроэнергетических установках фирмы «Nordex» - N80/2500 с мощностью генератора 2500 кВт, использован мультипликатор, выполненный в виде двухступенчатой планетарной передачи с винтовыми зубчатыми колесами (см. [http://www.nordex-online.com/en/produkte-service/wind-turbines/n90-25-mw.html?no\\_cache=1](http://www.nordex-online.com/en/produkte-service/wind-turbines/n90-25-mw.html?no_cache=1)).

В ветроэнергетической установке фирмы «Siemens» - SWT-2-3-82 с мощностью генератора 2300 кВт, использован мультипликатор с трехступенчатой планетарной передачей (см. [http://www.energy.siemens.com/hq/pool/hq/power-generation/renewables/wind-power/wind%20turbines/Siemens%20Wind%20Turbine%20SWT-2.3-108 EN.pdf](http://www.energy.siemens.com/hq/pool/hq/power-generation/renewables/wind-power/wind%20turbines/Siemens%20Wind%20Turbine%20SWT-2.3-108%20EN.pdf)).

В ветроэнергетической установке фирмы «Senvion» с мощностью генератора 2000 кВт использован мультипликатор, состоящий из комбинации планетарной передачи с зубчатыми колесами (см. [http://www.senvion.com/fileadmin/user\\_upload/02\\_WindPowerSolutions/Product Brochures/Senvion Product Portfolio EN.pdf](http://www.senvion.com/fileadmin/user_upload/02_WindPowerSolutions/Product_Brochures/Senvion_Product_Portfolio_EN.pdf)).

В ветроэнергетической установке «Радуга-1» с номинальной мощностью генератора 1000 кВт использован мультипликатор, выполненный в виде трехступенчатой планетарной передачи (см. Селезнев И.С. Конструктивные особенности проектируемых ВЭУ «Радуга-1» и «Радуга-250». В сб.: Энергетическое строительство. 1990 г. №4. Стр. 22-28).

Недостатком рассмотренных выше мультипликаторов является низкий КПД, т.к. они выполнены по многоступенчатой схеме. Это обусловлено тем, что КПД одной ступени планетарной передачи в режиме мультипликатора не превышает 0,7, а общий КПД мультипликатора равен произведению КПД ступеней.

Известен редуктор, который может работать в режиме мультипликатора (М.Л. Грудев, М.Р. Киреев, И.М. Лошкарев, Л.Н. Лагутин, Б.В. Горбачев. Кулачково-рычажный редуктор. Авторское свидетельство №314023, опубл. 07.09.1971, бюл. №27), где в качестве механической передачи использована волновая передача с телами качения, кинематическая схема которой содержит неподвижное жесткое колесо с внутренним профилем, входное звено-волнообразователь, состоящий из эксцентрикового вала с подшипником, и выходное звено-сепаратор с телами качения, выполненными в виде осей с роликами.

Однако такая конструкция имеет недостаточно высокий КПД, т.к. каждый подшипник одновременно взаимодействует с жестким колесом и волнообразователем, а торцевые поверхности осей роликов имеют трение скольжения с сепаратором, и такая конструкция не может быть использована в высокомоментных механизмах из-за неуравновешенности волнообразователя.

Основной задачей, на решение которой направлено заявляемое изобретение, является выполнение мультипликатора с высокими энергетическими показателями и низкой стоимостью для энергетических установок.

Техническим результатом использования данного изобретения является существенное повышение КПД мультипликатора за счет использования волновой передачи с телами качения, упрощение конструкции и технологии изготовления габаритных деталей, что снижает стоимость мультипликатора.

Указанный технический результат достигается за счет того, что в качестве механической передачи использована волновая передача с телами качения, выполненная по кинематической схеме, входным звеном которой является сепаратор, неподвижным звеном - жесткое колесо, а выходным - волнообразователь. Сепаратор, жесткое колесо и волнообразователь выполнены из набора секций, каждая из которых сочленяется с соседними по цилиндрическим поверхностям одинаковых диаметров, для чего сепаратор выполнен с одной торцевой стороны с выступами, с противоположной стороны - с проточками в форме сегментов одинаковых размеров, а в волнообразователе выполнены окна в форме сегментов длиной и шириной, превышающими размеры сегментов сепаратора на величину двойного эксцентриситета. Кроме того, на обеих торцевых поверхностях секций сепаратора выполнены радиальные пазы двух размеров, больший из которых соответствует наружному диаметру тел качения волновой передачи, а меньший - диаметру торцевых шариков тел качения. При этом тела качения волновой передачи выполнены в виде сборных роликов, состоящих из осей с набором подшипников. На краях осей расположены подшипники качения, наружные обоймы которых контактируют с профилем жесткого колеса, а в центральной части осей - подшипники качения, наружная обойма которых контактирует с волнообразователем. В торцевых поверхностях сборных роликов выполнены гнезда для торцевых шариков, расположенных в малых радиальных пазах сепаратора.

В результате использование волновой передачи с телами качения в качестве механической передачи мультипликатора для высокомоментной энергетической установки, выполненной указанным образом, позволяет уменьшить трение в сопрягаемых деталях и обеспечить повышение КПД, упростить технологию изготовления габаритных деталей и снизить стоимость производства.

На фиг. 1 изображен продольный разрез мультипликатора.

На фиг. 2 изображен поперечный разрез А-А.

На фиг. 3 изображен продольный разрез тела качения.

Мультипликатор построен по принципу волновой передачи с телами качения, кинематическая схема которой содержит входное звено - сепаратор 1 с телами качения 2, неподвижное жесткое колесо 3 и выходное звено - волнообразователь 4, выполненный из набора секций. Число секций зависит от передаваемого момента и должно быть не менее трех.

Секции жесткого колеса 3 имеют центрирующую поверхность, соединяются штифтами и закрепляются болтами, размещенными в отверстиях 5.

Секции сепаратора 1 содержат на боковых поверхностях с одной стороны выступы 6, а с противоположной - выемки 7 в форме сегментов одинаковых размеров. Секции сепаратора стягиваются болтами 8.

Сепаратор 1 центрирован относительно неподвижного жесткого колеса 2

наборным подшипником. На торцевых поверхностях каждой секции сепаратора выполнены соосно радиальные пары двух размеров. Паз 10 большего размера имеет ширину, равную наружному диаметру тела качения, а ширина паза 11 меньшего размера равна диаметру торцевого шарика 12. Длина пазов соответствует ходу тела качения на величину двойного эксцентриситета.

Секции волнообразователя 4 содержат втулки эксцентриков 13, посаженные на общий вал 14, подшипники качения 15 и диски 16. Втулки эксцентриков 13 представляют собой полые цилиндры, у которых наружный диаметр смещен относительно внутреннего на величину эксцентриситета. Втулки эксцентриков 13 закрепляются на валу 14 таким образом, чтобы направления эксцентриков относительно центральной оси исключили неуравновешенность волнообразователя.

В дисках 16 волнообразователя выполнены окна 17 в форме сегментов, длина и ширина которых превышает размеры сегментов сепаратора на величину двойного эксцентриситета.

Тела качения выполнены в виде сборных роликов, состоящих из осей 18 с набором подшипников 19, 20. Подшипники 19 расположены по краям осей 18 и их наружные обоймы контактируют с профилем жесткого колеса 3, а подшипники 20, расположенные в центральной части тела качения, через промежуточное кольцо 21 контактируют с дисками 16 волнообразователя. На торцевых поверхностях осей 18 по центру выполнены гнезда 22, в которых размещены торцевые шарики 12.

Мультипликатор работает следующим образом.

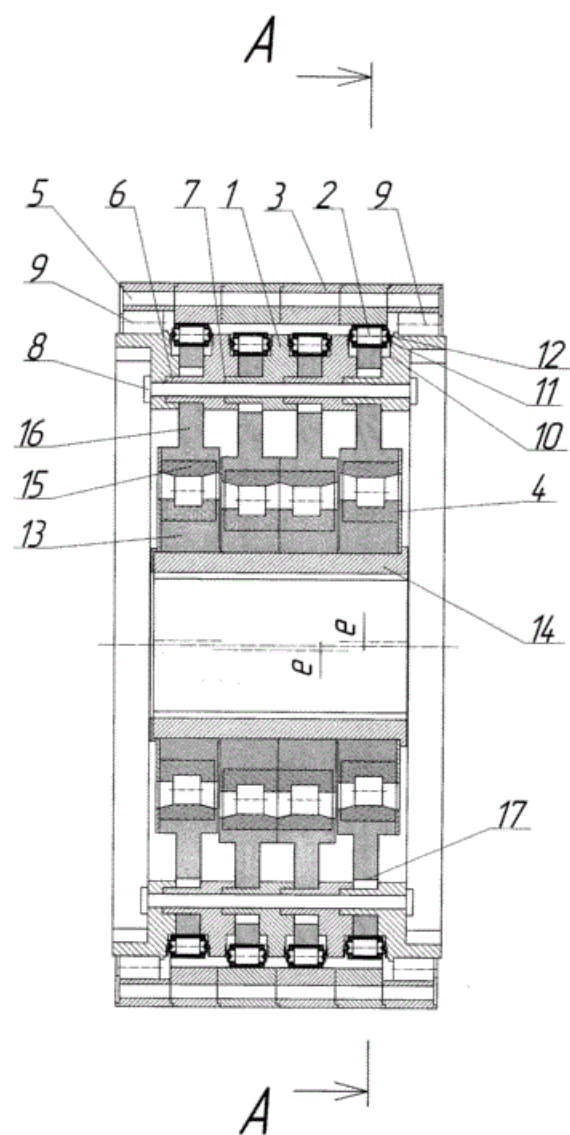
При вращении входного звена - сепаратора 1 с телами качения 2, которые взаимодействуют с профилем жесткого колеса 3 через подшипники качения 19, возникает радиальное перемещение осей 18 сборных роликов. Эти радиальные перемещения сборных роликов с осями 18 в сепараторных пазах 10 большого размера, преодолевая трение качения в подшипниках и торцевых шариках 12, расположенных в пазах 22, через подшипники качения 20, размещенные в центральной части тел качения, обеспечивают вращение дисков, а затем и эксцентриковых втулок 13 с выходным валом 14 волнообразователя.

Таким образом, использование в высокомошной энергетической установке мультипликатора, построенного в виде одной ступени волновой передачи с телами качения по многосекционной схеме, позволяет реализовать большое передаточное число мультипликатора с повышенной нагрузочной способностью, что обеспечивает упрощенную технологию изготовления габаритных деталей и, как следствие, снижение стоимости производства, а использование сборных роликов, построенных так, что подшипники качения, расположенные по краям ролика, контактируют только с жестким колесом, а подшипники качения, размещенные по центру ролика, - только с дисками волнообразователя, т.е. контактируют только с одной поверхностью. Такое использование подшипников качения и торцевых шариков позволяет существенно сократить трение скольжения и, следовательно, повысить КПД мультипликатора.

Совокупность существенных признаков обеспечивает достижение технического результата в виде значительного повышения КПД за счет использования волновой передачи с телами качения по сравнению с другими типами передач, упрощение конструкции и технологии изготовления, что снижает стоимость мультипликатора.

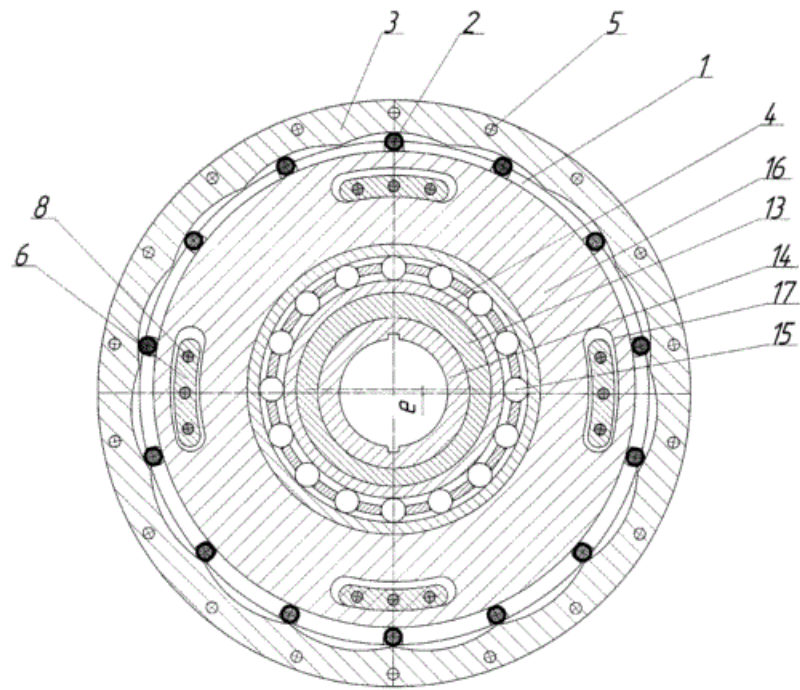
#### Формула изобретения

Мультипликатор высокомошной энергетической установки, содержащий сепаратор с телами качения, выполненными в виде осей с роликами, неподвижное жесткое колесо с внутренним профилем и волнообразователь, состоящий из эксцентрикового вала с подшипником, отличающийся тем, что входным звеном является сепаратор, неподвижным звеном - жесткое колесо, а выходным - волнообразователь, сепаратор, жесткое колесо и волнообразователь выполнены из набора секций, каждая из которых сочленяется с соседними по поверхностям одинаковых диаметров, для чего сепаратор выполнен с одной стороны с выступами, с противоположной стороны - с проточками в форме сегментов одинаковых размеров, а в волнообразователе выполнены окна в форме сегментов с длиной и шириной, превышающими размеры сегментов сепаратора на величину двойного эксцентриситета, кроме того, на торцевых поверхностях секций сепаратора выполнены радиальные пазы двух размеров, больший из которых соответствует наружному диаметру тел качения волновой передачи, а меньший - диаметру торцевых шариков тел качения, при этом тела качения волновой передачи выполнены в виде сборных роликов, состоящих из осей и наборных подшипников, на краях осей расположены подшипники качения, наружные обоймы которых контактируют с профилем жесткого колеса, а в центральной части осей - подшипники качения, наружная обойма которых контактирует с волнообразователем, в торцевых поверхностях осей сборных роликов выполнены гнезда торцевых шариков, расположенных в малых радиальных пазах сепаратора.

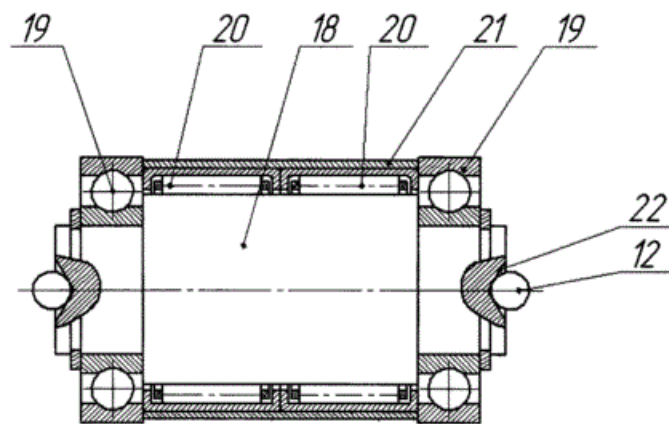


Фиг. 1

Мультипликатор высокомошной энергетической установки



Фиг. 2



Фиг. 3