РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 826 653**(13) **C1**

(51) МПК
*F16D 27/01* (2006.01)
*F16D 27/14* (2006.01)
*H10N 60/30* (2023.01)
*H02K 7/10* (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

# (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
*F16D 27/01 (2024.01); F16D 27/14 (2024.01); H10N 60/30 (2024.01); H02K 7/10 (2024.01)*

(21)(22) Заявка: **2023135873, 28.12.2023**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
**28.12.2023**

Дата регистрации:
**16.09.2024**

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: **28.12.2023**

(45) Опубликовано: **16.09.2024** Бюл. № **26**

Адрес для переписки:
**115409, Москва, Каширское ш., 31, НИЯУ МИФИ, ОУИС ЦТТ, Радько И.Д.**

(72) Автор(ы):
**Покровский Сергей Владимирович (RU),**
**Руднев Игорь Анатольевич (RU),**
**Мартиросян Ирина Валерьевна (RU),**
**Осипов Максим Андреевич (RU),**
**Стариковский Александр Сергеевич (RU),**
**Абин Дмитрий Александрович (RU)**

(73) Патентообладатель(и):
**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ" (НИЯУ МИФИ) (RU)**

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **JP 6081857 A, 22.03.1994. RU 2686524 C1, 29.04.2019. RU 2666771 C2, 12.09.2018. WO 2017024409 A9, 16.03.2017.**

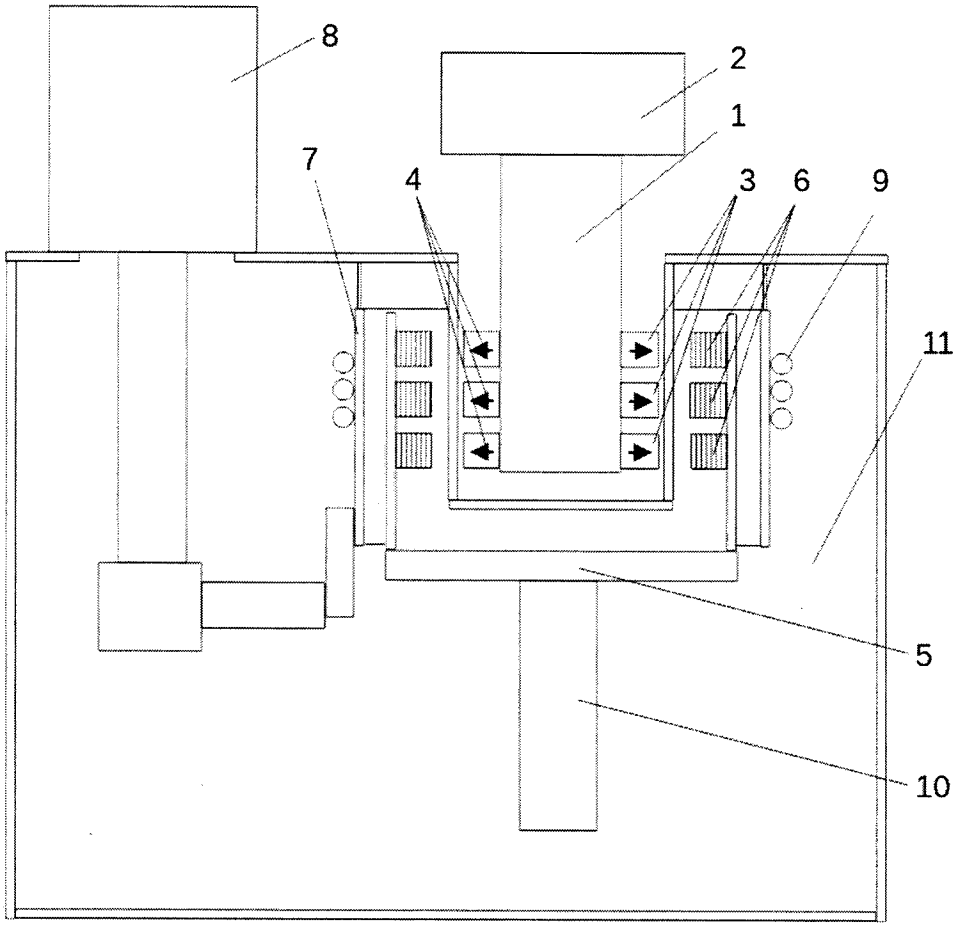
## (54) Магнитная цилиндрическая муфта на основе стопок ВТСП лент для кинетического накопителя энергии

(57) Реферат:

Изобретение относится к области электротехники, а именно к устройствам бесконтактной передачи крутящего момента. Магнитная цилиндрическая муфта на основе стопок ВТСП лент для кинетического накопителя энергии состоит из двух цилиндрических полумуфт. Ведущая полумуфта содержит постоянные магниты, а ведомая полумуфта размещена в охлаждаемой криорефрижератором вакуумной камере. На внешней поверхности ведущей полумуфты размещены не менее одного ряда постоянных магнитов. На внутренней поверхности ведомой полумуфты напротив каждого постоянного магнита расположены стопки ВТСП лент. Количество стопок совпадает с количеством постоянных магнитов. Вокруг боковой поверхности ведомой цилиндрической полумуфты с зазором установлен полый цилиндрический медный экран, имеющий плотный механический контакт с криорефрижератором. На внешней поверхности цилиндрического медного экрана, на противоположной стороне, обращенной к вышеупомянутой ведомой полумуфте, намотан нагреватель. Достигается увеличении стабильности вращения ведомого вала. 2 ил.

RU 2826653 C1

RU 2826653 C1




**Фиг. 1**

RU 2826653 C1

RU 2826653 C1

RUSSIAN FEDERATION

FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) **RU** (11) **2 826 653**(13) **C1**

(51) Int. Cl.
*F16D 27/01* (2006.01)
*F16D 27/14* (2006.01)
*H10N 60/30* (2023.01)
*H02K 7/10* (2006.01)

## (12) ABSTRACT OF INVENTION

(52) CPC
*F16D 27/01 (2024.01); F16D 27/14 (2024.01); H10N 60/30 (2024.01); H02K 7/10 (2024.01)*

(21)(22) Application: **2023135873, 28.12.2023**

(24) Effective date for property rights:
**28.12.2023**

Registration date:
**16.09.2024**

Priority:
(22) Date of filing: **28.12.2023**

(45) Date of publication: **16.09.2024** Bull. № **26**

Mail address:
**115409, Moskva, Kashirskoe sh., 31, NIYAU MIFI, OUIS TSTT, Radko I.D.**

(72) Inventor(s):
**Pokrovskij Sergej Vladimirovich (RU),**
**Rudnev Igor Anatolevich (RU),**
**Martirosyan Irina Valerevna (RU),**
**Osipov Maksim Andreevich (RU),**
**Starikovskij Aleksandr Sergeevich (RU),**
**Abin Dmitrij Aleksandrovich (RU)**

(73) Proprietor(s):
**Federalnoe gosudarstvennoe avtonomnoe obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya "Natsionalnyj issledovatelskij yadernyj universitet MIFI" (NIYAU MIFI) (RU)**

### (54) MAGNETIC CYLINDRICAL COUPLING BASED ON PILES OF HTS TAPES FOR KINETIC ENERGY ACCUMULATOR

(57) Abstract:

FIELD: electrical engineering.

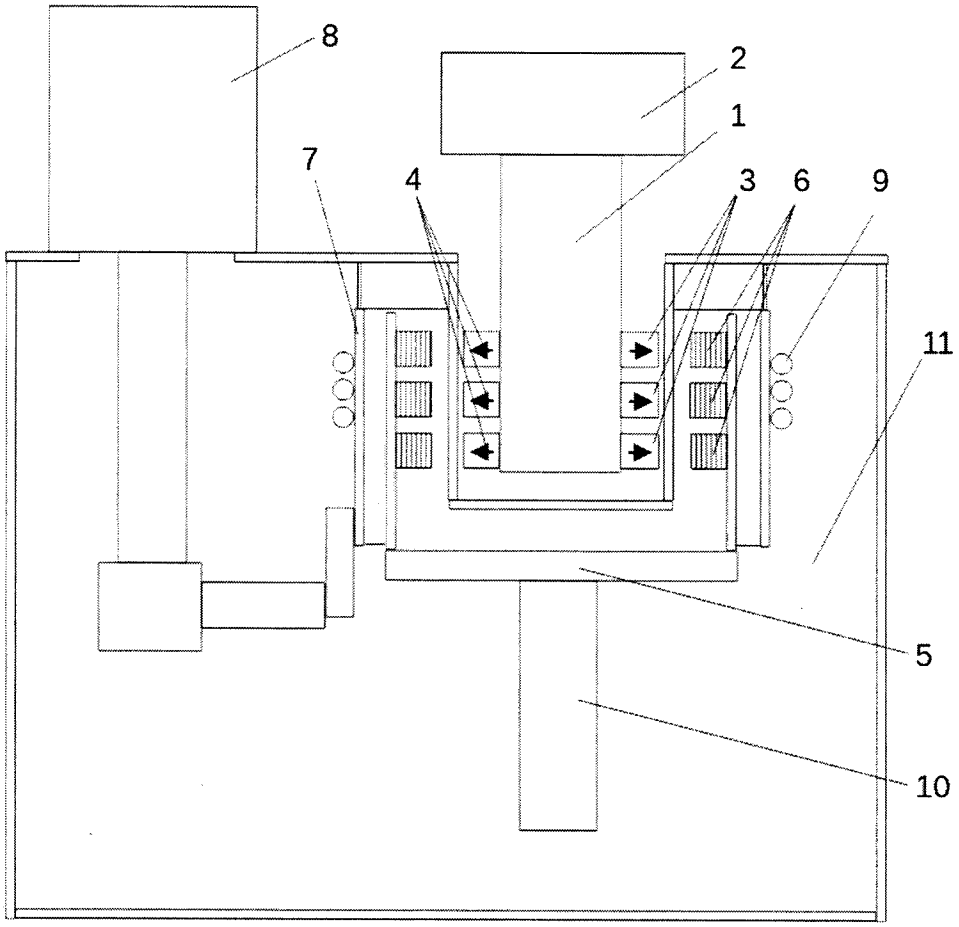
SUBSTANCE: invention relates to electrical engineering, namely to devices for contactless torque transmission. Magnetic cylindrical coupling based on stacks of HTS tapes for a kinetic energy accumulator consists of two cylindrical half-couplings. Driving half-coupling contains permanent magnets, and the driven half-coupling is placed in a vacuum chamber cooled by a cryorefrigerator. At least one row of permanent magnets is arranged on the outer surface of the driving half-coupling. On the inner surface of the driven half-coupling opposite each permanent magnet there are stacks of HTS tapes. Number of stacks coincides with the number of permanent magnets. Around the side surface of the driven cylindrical half-coupling with a gap there is a hollow cylindrical copper screen having a tight mechanical contact with the cryorefrigerator. Heater is wound on the outer surface of the cylindrical copper screen, on the opposite side facing the said driven half-coupling.

EFFECT: increased stability of driven shaft rotation.

1 cl, 2 dwg

RU 2826653 C1

RU 2826653 C1




**Фиг. 1**

RU 2826653 C1

RU 2826653 C1

Изобретение относится к области электротехники, а именно к устройствам бесконтактной передачи крутящего момента с ведущего вала на ведомый и расцепления его.

Известна магнитная цилиндрическая муфта (Патент № RU 2179663 C1), содержащая объемлющую и заключенную в герметизирующий стакан объемлемую полумуфты, каждая из которых имеет магнитопровод и равномерно расположенные по окружности с чередованием полюсов радиальные постоянные магниты. По крайней мере, на одной из полумуфт между радиальными магнитами установлены тангенциальные постоянные магниты. Данное изобретение позволяет при заданной величине максимального момента муфт использовать большую толщину немагнитного зазора между вращающимися полумуфтами и неподвижным стаканом, что существенно повышает надежность устройства и упрощает его сборку. К недостаткам этой муфты можно отнести наличие в ведомой и ведущей муфте постоянных магнитов, которые при вращении или механическом расцеплении начинают взаимодействовать друг с другом одинаково направленными магнитными моментами, приводя к периодическим биениям и дополнительной разрушающей нагрузке на подшипники, а также отсутствие возможности бесконтактного расцепления муфты без механического воздействия.

Наиболее близкой по технической сущности и принятой в качестве прототипа является магнитная муфта для кинетического накопителя энергии (Seino H. et al. Numerical Analysis and Evaluation of Electromagnetic Forces in Superconducting Magnetic Bearings and a Non-contact Permanent Magnetic Clutch // QR of RTRL - 2010. - Vol. 51, No. 3. - P. 156-162), содержащая две цилиндрические полумуфты, состоящие из сборок постоянных магнитов, при этом ведущая полумуфта соединена с внешним мотором, а ведомая полумуфта размещается в охлаждаемой криорефрижератором вакуумной камере на ведомом валу вращения. К недостаткам этой муфты можно отнести наличие в ведомой и ведущей муфте постоянных магнитов, которые при взаимодействии или механическом расцеплении могут разбалансироваться в одном из координатных направлений, что может приводить к биениям и изгибу ведомого вала и подшипников, а также к отсутствию возможности бесконтактного расцепления муфты без механического воздействия.

Технический результат изобретения заключается в увеличении стабильности вращения ведомого вала и подшипников кинетического накопителя энергии, а также возможности осуществления бесконтактного расцепления муфты без механического воздействия.

Технический результат достигается за счет того, что магнитная цилиндрическая муфта на основе стопок высокотемпературных сверхпроводящих лент (ВТСП лент) для кинетического накопителя энергии состоит из двух цилиндрических полумуфт, причем ведущая полумуфта, соединенная с внешним приводом движения, содержит постоянные магниты, а ведомая полумуфта размещена в охлаждаемой криорефрижератором вакуумной камере на ведомом валу вращения, причем оси симметрии двух полумуфт и вала совпадают. Ведущая полумуфта выполнена в виде цилиндра на внешней поверхности которого размещены не менее 1 ряда постоянных магнитов, ориентированных таким образом, чтобы магнитный момент каждого магнита был направлен по радиусу, а направления магнитного момента двух соседних магнитов в ряду противоположны, причем количество магнитов определяется диаметром вышеупомянутого цилиндра, вокруг ведущей полумуфты эквидистантно с ней расположена ведомая полумуфта выполненная в форме полого цилиндра на внутренней поверхности которой напротив каждого постоянного магнита расположены стопки ВТСП лент, причем количество стопок и количество рядов совпадает с количеством

постоянных магнитов, кроме того вокруг боковой поверхности ведомой цилиндрической полумуфты с зазором, обеспечивающим возможность вращения, эквидистантно с ней установлен полый цилиндрический медный экран, имеющий плотный механический контакт с криорефрижератором, причем на внешней поверхности цилиндрического медного экрана противоположной стороне, обращенной к вышеупомянутой ведомой полумуфте, намотан нагреватель.

Применение в муфте ведущей полумуфты, выполненной в виде цилиндра на внешней поверхности которого размещены не менее одного ряда постоянных магнитов, ориентированных таким образом, чтобы магнитный момент каждого магнита был направлен по радиусу, а направления магнитного момента двух соседних магнитов в ряду противоположны, причем количество магнитов определяется диаметром вышеупомянутого цилиндра, и ведомой полумуфты, эквидистантно расположенной вокруг ведущей полумуфты и выполненной в форме полого цилиндра на внутренней поверхности которой напротив каждого постоянного магнита расположены стопки ВТСП лент, причем количество стопок и количество рядов совпадает с количеством постоянных магнитов, позволяет стабилизировать магнитное поле, что в свою очередь приводит к стабилизации вращения ведомого вала и подшипников.

Наличие в муфте цилиндрического медного экрана, имеющего плотный механический контакт с криорефрижератором, позволяет равномерно охлаждать высокотемпературный сверхпроводящий элемент ведомой полумуфты и осуществлять сцепку двух полумуфт за счет возникновения электромагнитного взаимодействия между постоянными магнитами ведущей полумуфты и высокотемпературными сверхпроводящими элементами ведомой полумуфты.

Наличие на внешней поверхности цилиндрического медного экрана нагревателя позволяет нагревать высокотемпературный сверхпроводящий элемент ведомой полумуфты и осуществлять бесконтактное расцепление муфты без механического воздействия.

Таким образом, все перечисленные в разделе сущности изобретения признаки являются существенными, так как они влияют на возможность решения указанной технической проблемы и позволяют обеспечить технический результат, поскольку они находятся в причинно-следственной связи с указанным результатом.

На Фиг. 1, 2 представлены примеры конкретной реализации магнитной цилиндрической муфты на основе стопок ВТСП лент для кинетического накопителя энергии.

На Фиг. 1 изображена магнитная цилиндрическая муфта на основе стопок ВТСП лент для кинетического накопителя энергии и в сборе: 1 - ведущая

полумуфта, 2 - внешний привод движения, 3 - постоянные ниодимовые магниты, 4 - направление магнитного момента каждого магнита, 5 - ведомая полумуфта, 6 - стопки ВТСП лент, 7 - полый цилиндрический медный экран, 8 - криорефрижератор, 9 - нагреватель, 10 - ведомый вал, 11 - вакуумная камера.

На Фиг. 2 изображены две вышеупомянутые полумуфты: 1 - ведущая полумуфта, 3 - постоянные ниодимовые магниты, 4 - направление магнитного момента каждого магнита, 5 - ведомая полумуфта, 6 - стопки ВТСП лент.

В примере 1 приведена конкретная реализация магнитной цилиндрической муфты на основе стопок ВТСП лент для кинетического накопителя энергии.

Цилиндрическая муфта содержит две цилиндрические полумуфты, причем ведущая полумуфта 1, соединенная с внешним приводом движения 2, выполнена в виде цилиндра на внешней поверхности которого размещены три ряда ниодимовых постоянных

магнитов 3, ориентированных таким образом, чтобы магнитный момент 4 каждого магнита был направлен по радиусу, а направления магнитного момента двух соседних магнитов в каждом ряду противоположны. Вокруг ведущей полумуфты 1 эквидистантно с ней расположена ведомая полумуфта 5 выполненная в форме полого цилиндра на внутренней поверхности которой напротив каждого постоянного магнита расположены три ряда стопок ВТСП лент 6, причем количество стопок совпадает с количеством постоянных магнитов. Вокруг боковой поверхности ведомой цилиндрической полумуфты 5 с зазором, обеспечивающим возможность вращения, эквидистантно с ней установлен полый цилиндрический медный экран 7, имеющий плотный механический контакт с криорефрижератором 8, причем на внешней поверхности цилиндрического медного экрана 7 противоположной стороне, обращенной к вышеупомянутой ведомой полу муфте 5, намотан нагреватель 9. Ведомая полумуфта 5, размещенная на ведомом валу 10, вместе с цилиндрическим медным экраном размещены в вакуумной камере 11.

Сверхпроводящая магнитная муфта для кинетического накопителя энергии работает следующим образом.

Ведомая полумуфта 5 размещается на ведомом валу 10 и помещается в вакуумную камеру 11. Криорефрежератор 8 начинает свою работу и охлаждает

цилиндрический медный экран 7, до температуры ниже температуры перехода в сверхпроводящее состояние стопок ВТСП лент 6. За счет лучистого теплообмена медный экран 7 охлаждает ведомую полу муфту 5, на внутренней поверхности которой расположены три ряда стопок ВТСП лент 6. При переходе в сверхпроводящее состояние стопки ВТСП лент 6 подвергаются воздействию магнитного поля от рядов постоянных магнитов 3, размещенных на внешней поверхности ведущей полумуфты 1. В этот момент создается устойчивая электромагнитная связь между ведущей полумуфтой 1 и ведомой полу муфтой 5. Затем активируется внешний привод движения 2, который начинает раскручивать ведущую полу муфту 1 относительно оси ведомого вала 10. За счет установившейся электромагнитной связи вращение передается на ведомую полумуфту 5, и кинетический накопитель энергии начинает заряжаться. Для разрыва связи между ведущей полумуфтой 1 и ведомой полумуфтой 5 достаточно включить нагреватель 9. Нагреватель 9 увеличит температуру медного экрана 7 до температуры выше температуры перехода в сверхпроводящее состояние стопок ВТСП лент 6. За счет лучистого теплообмена медный экран 7 нагревает ведомую полу муфту 5, на внутренней поверхности которой расположены три ряда стопок ВТСП лент 6, выше температуры перехода в сверхпроводящее состояние, и три ряда стопок ВТСП лент 6 потеряют свои магнитные свойства. При отключении нагревателя 9, три ряда стопок ВТСП лент 6 охладятся до температуры ниже температуры перехода в сверхпроводящее состояние и опять приобретут магнитные свойства.

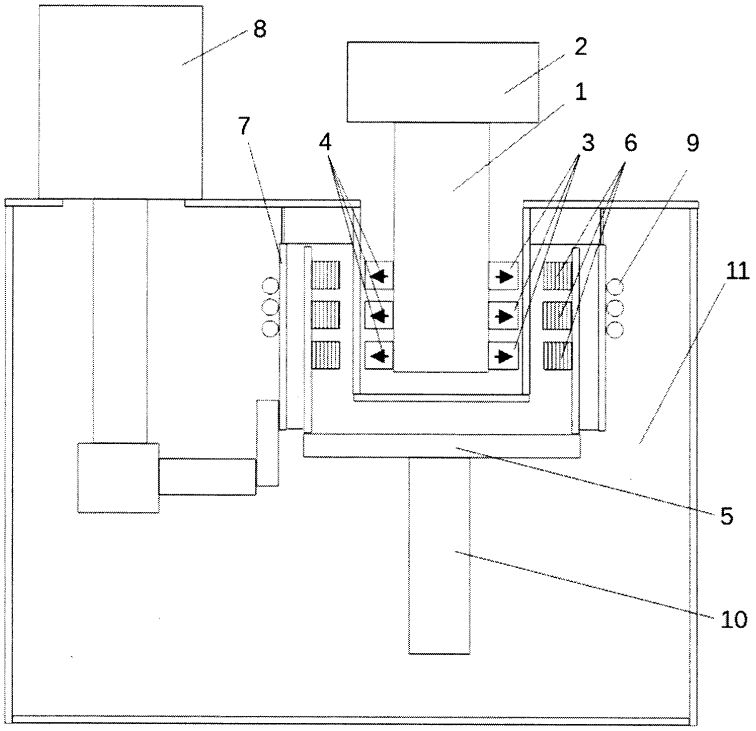
Таким образом, конструкция вышеуказанной магнитной цилиндрической муфты на основе стопок ВТСП лент для кинетического накопителя энергии позволяет увеличить стабильность вращения ведомого вала и подшипников кинетического накопителя энергии, а также осуществлять бесконтактное расцепление муфты без механического воздействия.

## (57) Формула изобретения

Магнитная цилиндрическая муфта на основе стопок ВТСП лент для кинетического накопителя энергии, состоящая из двух цилиндрических полумуфт, причем ведущая полумуфта, соединенная с внешним приводом движения, содержит постоянные магниты, а ведомая полумуфта размещена в охлаждаемой криорефрижератором вакуумной

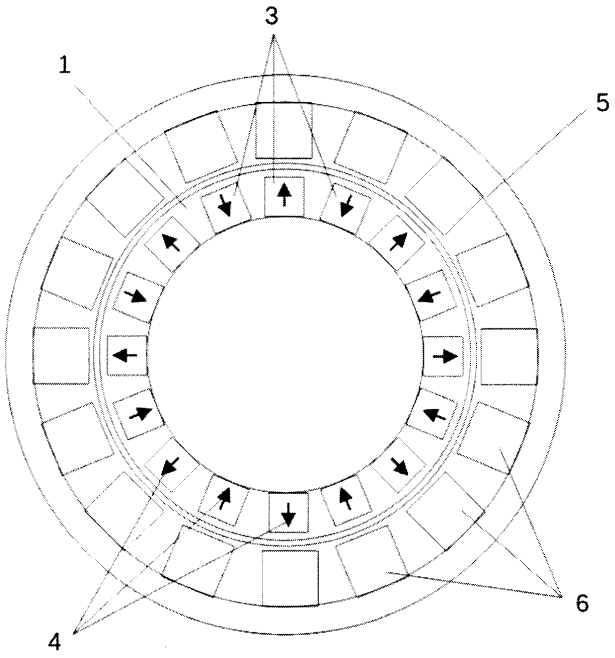
камере на ведомом валу вращения, причем оси симметрии двух полумуфт и вала совпадают, отличающаяся тем, что ведущая полумуфта выполнена в виде цилиндра, на внешней поверхности которой размещены не менее одного ряда постоянных магнитов, ориентированных таким образом, чтобы магнитный момент каждого магнита был направлен по радиусу, а направления магнитного момента двух соседних магнитов противоположны, причем количество магнитов определяется диаметром вышеупомянутого цилиндра, вокруг ведущей полумуфты эквидистантно с ней расположена ведомая полумуфта, выполненная в форме полого цилиндра, на внутренней поверхности которой напротив каждого постоянного магнита расположены стопки ВТСП лент, причем количество стопок и количество рядов совпадает с количеством постоянных магнитов, кроме того, вокруг боковой поверхности ведомой цилиндрической полумуфты с зазором, обеспечивающим возможность вращения, эквидистантно с ней установлен полый цилиндрический медный экран, имеющий плотный механический контакт с криорефрижератором, причем на внешней поверхности цилиндрического медного экрана, на противоположной стороне, обращенной к вышеупомянутой ведомой полумуфте, намотан нагреватель.

1




**Фиг. 1**

2




**Фиг. 2**