

# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102594008 A

(43) 申请公布日 2012.07.18

(21) 申请号 201210057209.2

(22) 申请日 2012.03.06

(71) 申请人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

地址 130033 吉林省长春市东南湖大路  
3888 号

(72) 发明人 武俊峰 吴一辉 程千兵

(74) 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所 22210

代理人 南小平

(51) Int. Cl.

H02K 7/02 (2006.01)

H02N 15/00 (2006.01)

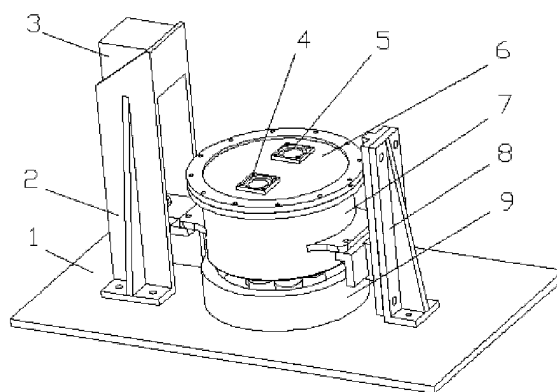
权利要求书 1 页 说明书 3 页 附图 2 页

## (54) 发明名称

一种真空超导磁悬浮集成飞轮储能装置

## (57) 摘要

一种真空超导磁悬浮集成飞轮储能装置涉及飞轮储能领域,该装置包括底座、支架、步进电机、真空盖、真空腔体、导轨、冷却装置、直流无刷电机定子、集成飞轮转子和高温超导块;步进电机、导轨和冷却装置固定在底座上;步进电机和导轨连接着真空腔体,可控制高温超导磁悬浮轴承的场冷高度和直流无刷电机的间隙;真空腔体内部固定着直流无刷电机定子,集成飞轮转子放置在真空腔体内部的同轴凹槽内;高温超导块放置在冷却装置内,可通过向冷却装置内倒入液氮制冷。本发明结构简单,易于操作,采用超导磁悬浮轴承使得飞轮旋转损耗低,能量消耗少,且采用无刷电机作为驱动,飞轮转子无轴化设计,降低电机损耗。



1. 一种真空超导磁悬浮集成飞轮储能装置,其特征在于,该装置包括底座(1)、支架(2)、步进电机(3)、真空盖(6)、真空腔体(7)、导轨(8)、冷却装置(9)、直流无刷电机定子(10)、集成飞轮转子(11)和高温超导块(12);支架(2)和导轨(8)固定在底座(1)上,步进电机(3)固定在支架(2)上;真空盖(6)和真空腔体(7)通过螺钉连接构成真空系统,真空盖(6)上设有电接口(4)和真空接口(5);真空腔体(7)通过真空接口(5)与真空泵连接抽真空,通过电接口(4)与电源连接并控制集成飞轮转子(11)转动,同时,真空腔体(7)由步进电机(3)驱动沿导轨(8)做升降移动;直流无刷电机定子(10)固定在真空腔体(7)内部,集成飞轮转子(11)放置在真空腔体(7)内部的同心凹槽内,并与直流无刷电机定子(10)之间有空隙;冷却装置(9)固定在底座(1)上,高温超导块(12)固定在冷却装置(9)内,冷却装置(9)内装有液氮(13)。

2. 如权利要求1所述的一种真空超导磁悬浮集成飞轮储能装置,其特征在于,所述的集成飞轮转子(11)包括电机转子(14)、飞轮转子(15)和超导轴承转子(16),电机转子(14)与飞轮转子(15)固定连接,飞轮转子(15)与超导轴承转子(16)固定连接。

3. 如权利要求2所述的一种真空超导磁悬浮集成飞轮储能装置,其特征在于,所述电机转子(14)是由六对NS磁极、轴向充磁并采用NdFeB材料制作,飞轮转子(15)由纯铁制作,形成磁屏蔽;超导轴承转子(16)由一个环状磁铁和圆柱磁铁组成,二者NS相间,轴向充磁,采用NdFeB材料制作。

4. 如权利要求1所述的一种真空超导磁悬浮集成飞轮储能装置,其特征在于,所述的直流无刷电机定子(10)是选用PCB板工艺加工制作,定子正面和反面两层共36个线圈,线圈通过节点连接形成Y型三相连接。

5. 如权利要求1所述的一种真空超导磁悬浮集成飞轮储能装置,其特征在于,所述的高温超导块(12)采用七块YBaCuO材料制作。

## 一种真空超导磁悬浮集成飞轮储能装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及飞轮储能领域,尤其涉及一种真空超导磁悬浮集成飞轮储能装置。

### 背景技术

[0002] 飞轮储能是一种新型的机械储能方式,与蓄电池储能比较,飞轮储能具有储能密度高、充放电次数多、寿命长、效率高、体积小、工作范围宽、无环境污染、可获得较大的功率峰值等优点。现阶段飞轮储能支撑机构尚存在一些问题,如采用机械轴承的飞轮储能方式,摩擦力较大,损耗较多,转换效率较低;采用电磁悬浮轴承的飞轮储能方式要求控制系统较为复杂,且控制消耗能量,效率降低。

### 发明内容

[0003] 为了克服现有飞轮储能在高速旋转时由于摩擦而造成较大的损耗,本发明采用高温超导磁悬浮轴承作为飞轮的支撑机构,设计出一种真空超导磁悬浮集成飞轮储能装置。

[0004] 本发明解决技术问题所采取的技术方案如下:

[0005] 一种真空超导磁悬浮集成飞轮储能装置,包括底座、支架、步进电机、真空盖、真空腔体、导轨、冷却装置、直流无刷电机定子、集成飞轮转子和高温超导块;支架和导轨固定在底座上,步进电机固定在支架上;真空盖和真空腔体通过螺钉连接构成真空系统,真空盖上设有电接口和真空接口;真空腔体通过真空接口与真空泵连接抽真空,通过电接口与电源连接并控制集成飞轮转子转动,同时,真空腔体由步进电机驱动沿导轨做升降移动;直流无刷电机定子固定在真空腔体内部,集成飞轮转子放置在真空腔体内部的同心凹槽内,并与直流无刷电机定子之间有空隙;冷却装置固定在底座上,高温超导块固定在冷却装置内,冷却装置内装有液氮。

[0006] 本发明的工作原理如下:

[0007] 储能工作时,通过步进电机和导轨控制真空腔体上下移动,先控制步进电机和导轨带动真空腔体向上移动,保证集成飞轮转子和高温超导块之间的场冷高度,使得高温超导块进入超导态时,超导轴承转子具有较大的轴承刚度,保证飞轮转子能够无源的悬浮在真空系统中。

[0008] 向冷却装置中倒入液氮,使得固定在冷却装置内的高温超导块进入超导态,利用高温超导的磁通钉扎特性和迈斯纳效应,捕获集成飞轮转子中永磁铁产生的磁场,形成稳定的悬浮。

[0009] 直流无刷电机定子固定在真空腔体内部,通过步进电机和导轨带动真空腔体向下移动,进而保证直流无刷电机和集成飞轮转子之间的电机间隙。

[0010] 通过真空盖上的真空接口连接真空泵保证真空腔体的真空状态,通过真空盖上的电接口给直流无刷电机定子通电,直流无刷电机带动集成飞轮转子高速旋转。

[0011] 飞轮加速到一定的速度后,断开无刷电机电源,飞轮转子停止加速,并处于无缘的悬浮,无机械摩擦可持续较长时间的旋转,进而实现飞轮机械储能。

[0012] 当释放能量时,将电源线连接在负载上,此时无刷电机可作为发电机,将飞轮储存的机械能转换为电能对外输出。

[0013] 本发明的有益效果如下:

[0014] 1) 本发明采用超导磁悬浮作为飞轮储能器的支撑机构可以使得飞轮转子无源的悬浮在真空中,高速无摩擦,能量损失小,使得飞轮储能效率提高。

[0015] 2) 本发明采用平面直流无刷电机作为驱动装置,直流无刷电机采用定子绕组的无槽、无铁芯结构,有效地减小了由齿槽效应引起的电磁转矩脉动以及由铁心带来的诸多弊端,使得电机质量减少,避免了磁滞和涡流损耗而提高了运行效率。

[0016] 3) 本发明采用集成飞轮转子,将电机转子、飞轮转子以及超导磁悬浮轴承转子集成在一起,无轴化设计,结构简单,可以使得飞轮转子无源的悬浮,高速旋转。

[0017] 4) 本发明的真空腔体可以保证飞轮转子在真空下高速无空气阻力的旋转,且真空腔体通过步进电机可以保证超导磁悬浮飞轮转子的场冷高度和平面无刷电机的间隙。

### 附图说明

[0018] 图 1 是本发明真空超导磁悬浮集成飞轮储能装置的结构示意图。

[0019] 图 2 是本发明真空超导磁悬浮集成飞轮储能装置的剖视图。

[0020] 图 3 是本发明中的集成飞轮转子的结构示意图。

[0021] 图 4 是图 3 的轴向音视图。

[0022] 图 5 是本发明中的直流无刷电机定子的线圈平面示意图。

### 具体实施方式

[0023] 下面结合附图和实施例对本发明做进一步详细说明。

[0024] 如图 1 和图 2 所示,本发明真空超导磁悬浮集成飞轮储能装置包括:底座 1、支架 2、步进电机 3、真空盖 6、真空腔体 7、导轨 8、冷却装置 9、直流无刷电机定子 10、集成飞轮转子 11 和高温超导块 12。支架 2 支撑步进电机 3,与导轨 8 一并固定在底座 1 上;真空腔体 7 和真空盖 6 通过螺钉连接构成真空系统,真空腔体 7 通过真空盖 6 上真空接口 5 与真空泵连接抽真空,通过真空盖 6 上的电接口 4 与电源连接并控制集成飞轮转子 11,真空腔体 7 通过步进电机 3 驱动,沿导轨 8 做升降移动;直流无刷电机定子 10 固定在真空腔体 7 内部,集成飞轮转子 11 放置在真空腔体 7 内部的同心凹槽内,并与直流无刷电机定子 10 保持一定距离;冷却装置 9 固定在底座 1 上,高温超导块 12 固定在冷却装置 9 内,冷却装置 9 可通过液氮 13 制冷,使得高温超导块 12 进入超导态。

[0025] 如图 3 所示,集成飞轮转子 11 包括同轴且依次固定连接的电机转子 14、飞轮转子 15 和超导轴承转子 16,其中,电机转子 14 是由 6 对 NS 磁极,轴向充磁,采用 NdFeB 材料制作;飞轮转子 15 由纯铁制造,形成磁屏蔽;超导轴承转子 16 由一个环状磁铁和圆柱磁铁组成,二者 NS 相间,轴向充磁,与下面高温超导块 12 相互作用形成磁悬浮。超导轴承转子 16 采用 NdFeB 材料制作。

[0026] 高温超导块 12 采用七块 YBaCuO 材料制作,布置在冷却装置 9 的底座上作为超导磁悬浮轴承定子。

[0027] 如图 4 所示,直流无刷电机定子 10 的结构是由便宜的 PCB 板工艺加工制作,定子

正面和反面两层共 36 个线圈,线圈通过节点连接形成 Y 型三相连接,通过在定子线圈一面加上三个霍尔元件,来实现三相直流电机之间的电流转变,并通过霍尔元件来实现测速和集成飞轮转子 11 位置的准确定位。

[0028] 本发明的真空超导磁悬浮集成飞轮储能装置储能时,先通过步进电机 3 和导轨 8 带动真空腔体 7 向上移动 3mm,保证高温超导块 12 的场冷高度 5mm,向冷却装置 9 倒入液氮 13 使高温超导块 12 冷却进入超导态,集成飞轮转子 11 由于超导磁悬浮轴承的磁通钉扎效应,将保持位置不变,然后通过步进电机 3 和导轨 8 带动真空腔体 7 向下移动 3mm,进而实现直流无刷电机定子 10 和集成飞轮转子 11 之间的电机间隙 1mm,通过真空盖 6 上的电接口 4 和真空接口 5 对真空腔体 7 抽真空和控制直流无刷电机带动转子加速旋转,将电能转化为机械能。

[0029] 储存时只需要将外界控制电源断开,集成飞轮转子 11 将在真空系统下高速旋转,能量将以机械能的形式储存。当需要能量时,只需要将外界负载接在电源线上即可对外放电,将飞轮储能的机械能转化为电能。

[0030] 本发明利用高温超导磁悬浮独特的抗磁性和磁通钉扎效应,可以实现永磁铁无源的悬浮在高温超导体上面,并保持位置不变。由于高温超导的这个性质,其被应用于高温超导磁悬浮列车、磁轴承、飞轮储能系统等。高温超导制造的磁悬浮轴承应用于飞轮系统,可以实现飞轮转子无接触的悬浮,使飞轮系统具有更低的摩擦损耗,可以使飞轮的机械能在真空系统下长时间的储存。

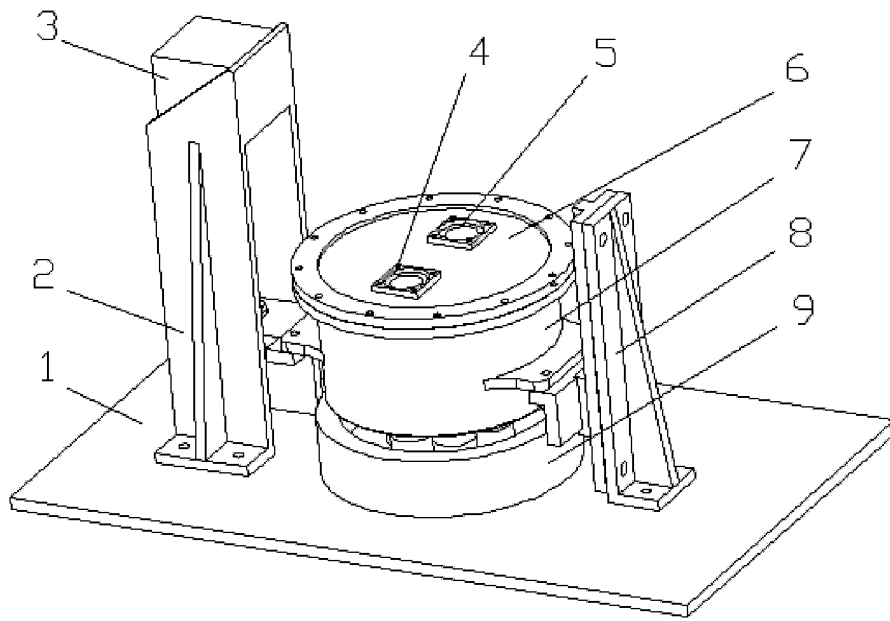


图 1

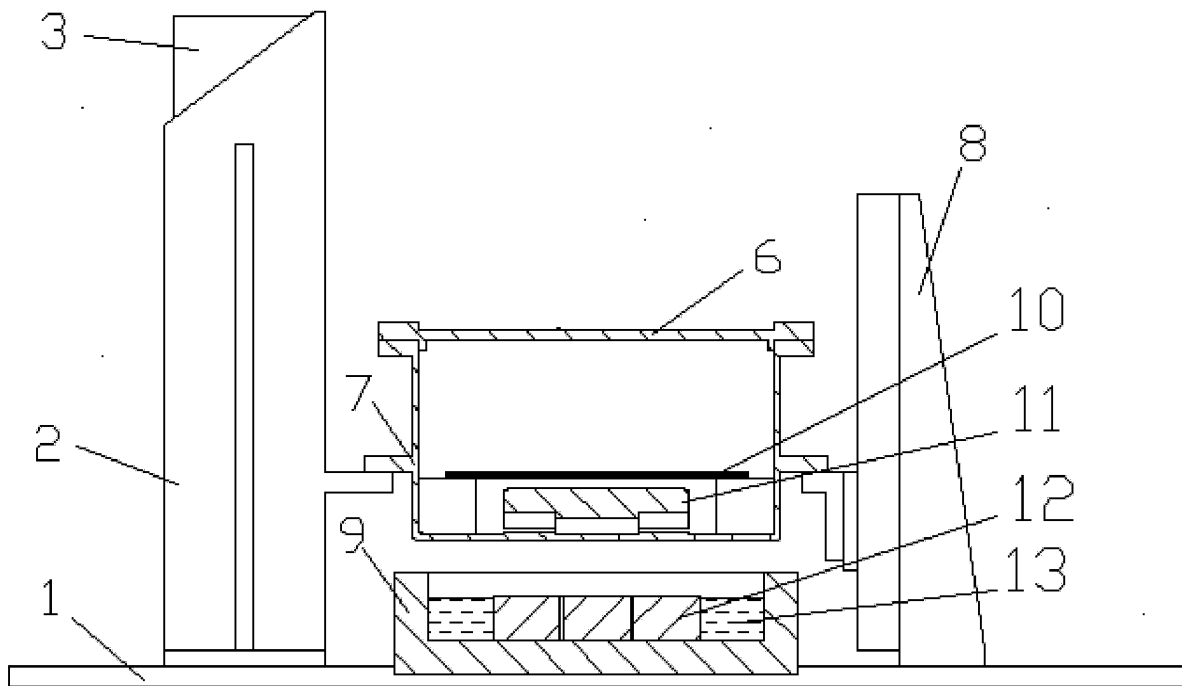


图 2

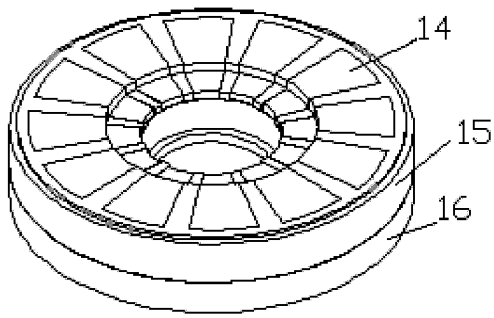


图 3

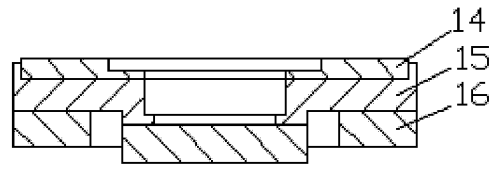


图 4

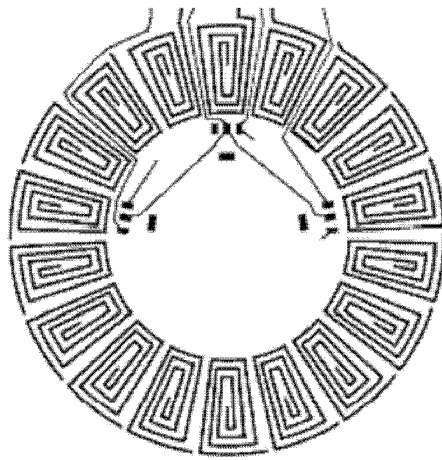


图 5