



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101917087 B

(45) 授权公告日 2012. 03. 14

(21) 申请号 201010233928. 6

审查员 王健

(22) 申请日 2010. 07. 22

(73) 专利权人 南京工业大学

地址 210009 江苏省南京市新模范马路 5 号

(72) 发明人 张广明 王德明 梅磊

(74) 专利代理机构 南京天翼专利代理有限责任  
公司 32112

代理人 汤志武

(51) Int. Cl.

H02K 7/02 (2006. 01)

H02K 7/09 (2006. 01)

H02N 15/00 (2006. 01)

F16C 32/04 (2006. 01)

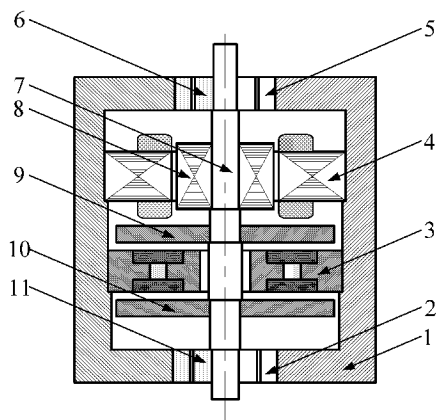
权利要求书 1 页 说明书 3 页 附图 1 页

### (54) 发明名称

一种采用悬浮 / 储能一体化飞轮的磁悬浮飞轮储能装置

### (57) 摘要

一种采用悬浮 / 储能一体化飞轮的磁悬浮飞轮储能装置, 包括外壳, 分别位于外壳底部和顶部的永磁型径向磁悬浮轴承 A 定子、永磁型径向磁悬浮轴承 B 定子, 安装在外壳内壁上的电磁永磁混合型轴向磁悬浮轴承定子和电动 / 发电机定子, 以及自上而下设置在主轴上的永磁型径向磁悬浮轴承 B 转子、电动 / 发电机转子、悬浮 / 储能一体化飞轮 A、悬浮 / 储能一体化飞轮 B 和永磁型径向磁悬浮轴承 A 转子; 悬浮 / 储能一体化飞轮 B 位于永磁型径向磁悬浮轴承 A 定子和电磁永磁混合型轴向磁悬浮轴承定子之间, 悬浮 / 储能一体化飞轮 A 设置在电动 / 发电机定子和电磁永磁混合型轴向磁悬浮轴承定子之间。本发明结构紧凑, 体积小, 重量轻, 效率高, 能量密度大。



1. 一种采用悬浮 / 储能一体化飞轮的磁悬浮飞轮储能装置,其特征在于:包括外壳(1),分别位于外壳(1)底部和顶部的永磁型径向磁悬浮轴承 A 定子(2)、永磁型径向磁悬浮轴承 B 定子(5),安装在外壳(1)内壁上的电磁永磁混合型轴向磁悬浮轴承定子(3)和电动 / 发电机定子(4),以及自上而下设置在主轴(7)上的永磁型径向磁悬浮轴承 B 转子(6)、电动 / 发电机转子(8)、悬浮 / 储能一体化飞轮 A (9)、悬浮 / 储能一体化飞轮 B (10)和永磁型径向磁悬浮轴承 A 转子(11),主轴(7)的两端分别伸出外壳;永磁型径向磁悬浮轴承 A 转子(11)位于永磁型径向磁悬浮轴承 A 定子(2)内,电动 / 发电机转子(8)位于电动 / 发电机定子(4)内,永磁型径向磁悬浮轴承 B 转子(6)位于永磁型径向磁悬浮轴承 B 定子(5)内;悬浮 / 储能一体化飞轮 B (10)位于永磁型径向磁悬浮轴承 A 定子(2)和电磁永磁混合型轴向磁悬浮轴承定子(3)之间,悬浮 / 储能一体化飞轮 A (9)设置在电动 / 发电机定子(4)和电磁永磁混合型轴向磁悬浮轴承定子(3)之间。

2. 根据权利要求 1 所述的磁悬浮飞轮储能装置,其特征在于永磁型径向磁悬浮轴承 A 转子(11)外端面与永磁型径向磁悬浮轴承 A 定子(2)内端面之间、悬浮 / 储能一体化飞轮 B (10)的上端面与电磁永磁混合型轴向磁悬浮轴承定子(3)下端面之间、悬浮 / 储能一体化飞轮 A (9)下端面与电磁永磁混合型轴向磁悬浮轴承定子(3)上端面之间、电动 / 发电机转子(8)外端面与电动 / 发电机定子(4)内端面之间、永磁型径向磁悬浮轴承 B 转子(6)外端面与永磁型径向磁悬浮轴承 B 定子(5)内端面之间均存在气隙。

3. 根据权利要求 2 所述的磁悬浮飞轮储能装置,其特征在于所述气隙的宽度在 0.3~1.5mm 之间。

4. 根据权利要求 1 或 2 或 3 所述的磁悬浮飞轮储能装置,其特征在于永磁型径向磁悬浮轴承 A 定子(2)、永磁型径向磁悬浮轴承 B 定子(5)分别嵌入外壳(1)的底部和顶部,其外端面分别与外壳(1)的底部外端面和顶部外端面位于同一个平面上;相应的,永磁型径向磁悬浮轴承 A 转子(11)、永磁型径向磁悬浮轴承 B 转子(6)的外端面也分别与外壳(1)的底部外端面和顶部外端面位于同一个平面上。

## 一种采用悬浮 / 储能一体化飞轮的磁悬浮飞轮储能装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种电能存储技术中的飞轮储能技术,具体说是一种采用悬浮 / 储能一体化飞轮的磁悬浮飞轮储能装置。

### 背景技术

[0002] 电能的存储按照具体方式可分为电化学储能、电磁储能、相变储能和物理储能四大类型。其中电化学储能包括铅酸电池储能、镍氢电池储能、镍镉电池储能、锂离子电池储能、钠硫电池储能和液流电池储能,电磁储能包括超导储能和超级电容储能,相变储能包括冰蓄冷储能等,物理储能包括抽水储能、压缩空气储能和飞轮储能。

[0003] 电化学储能装置是在指通过电化学反应,把正极、负极活性物质的化学能转化为电能的一类装置。电化学储能装置价格低廉,技术成熟,但污染严重,效率低,寿命短,使用过程中电能不易控制。

[0004] 电磁储能中的超导储能把电能转化为磁能存储在超导线圈的磁场中,由于超导线圈的电阻为零,因此超导储能效率比较高,对环境的污染也比较小,但是和其他储能方式相比,超导材料本身的价格比较昂贵,同时维持低温所消耗的能源与需要的费用也相当可观。超级电容是指储存容量为普通电容器 20 ~ 1000 倍的电容。它是通过使用一种多孔电解质加大两极板的面积,从而使储能能力得到提高,超级电容具有能量密度大、充放电速度快、寿命长等优点,其缺点是如果使用不当会造成电解质泄漏等现象,同时和铝电解电容相比,其内阻比较大,不可以用于交流电路。

[0005] 相变储能是利用相变材料在相变过程中将热量以潜热的形式储存于自身或释放给环境的性能,将电能转化成热能存储起来,因此相变储能一个比较大的缺点就是转化效率比较低。

[0006] 物理储能中的抽水储能利用电网富裕时的电力向上游水库抽水储能,电力紧张时向下游开闸发电,抽水储能的释放时间可以从几个小时到几天,综合效率在 70% ~ 85% 之间。压缩空气储能是指在高压情况下通过压缩空气来存储大量的可再生能源,然后将其存储在大型地下洞室、枯竭井或蓄水层里,放电时,压缩的空气就被释放,并通过推动涡轮机来发电,一股可以储存几百小时的能量,压缩空气储能的缺点是能量密度低,并且受到压缩空气存储条件的限制。飞轮储能的原理就是通过电机带动飞轮圆盘加速旋转,使电能转化成飞轮的旋转动能,向外供电时,电机工作在发电机状态,储能飞轮带动发电机转子旋转将机械能转化为电能。

[0007] 综合上述,相比于其他储能方式,飞轮储能的主要优势表现在:(1) 储能密度高,瞬时功率大;(2) 充电时间较短;(3) 使用寿命长;(4) 能量转换效率高,一股可达 85 ~ 95%;(5) 对温度不敏感,对环境十分友好。因此,飞轮储能技术被认为是目前最有希望、最有竞争力的储能技术,具有非常广阔的应用前景。

[0008] 为了降低机械摩擦,在飞轮储能装置中一股采用磁悬浮轴承将转子悬浮起来。根据悬浮力是否可控,磁悬浮轴承可分为被动型和主动型两种类型。被动型磁悬浮轴承主要

利用磁性材料之间固有的斥力或吸力（如永磁材料之间，永磁材料与软磁材料之间）来实现转轴的悬浮，其结构简单，功率损耗少。主动型磁悬浮轴承主要是通过主动控制定、转子之间的磁场力来实现转轴的稳定悬浮，一套完整的主动型磁悬浮轴承系统通常由磁悬浮轴承本体、位移传感器、控制器以及功率放大器组成，根据偏置磁场建立方式的不同，主动型磁悬浮轴承可分为全电磁型与电磁永磁混合型。全电磁型磁悬浮轴承的偏置磁场与控制磁场均由电磁铁产生；电磁永磁混合型磁悬浮轴承采用永磁材料来建立偏置磁场，能够较大程度地降低磁悬浮轴承的功率损耗。

[0009] 总体而言，现有磁悬浮飞轮储能装置中的飞轮只用来存储电能，磁悬浮轴承系统的结构较为复杂，且能量损耗与使用成本较高。

## 发明内容

[0010] 本发明的目的在于提出一种结构紧凑，体积小，重量轻，效率高，能量密度大的磁悬浮飞轮储能装置。

[0011] 本发明所述磁悬浮飞轮储能装置包括外壳，分别位于外壳底部和顶部的永磁型径向磁悬浮轴承 A 定子、永磁型径向磁悬浮轴承 B 定子，安装在外壳内壁上的电磁永磁混合型轴向磁悬浮轴承定子和电动 / 发电机定子，以及自上而下设置在主轴上的永磁型径向磁悬浮轴承 B 转子、电动 / 发电机转子、悬浮 / 储能一体化飞轮 A、悬浮 / 储能一体化飞轮 B 和永磁型径向磁悬浮轴承 A 转子，主轴的两端分别伸出外壳；永磁型径向磁悬浮轴承 A 转子位于永磁型径向磁悬浮轴承 A 定子内，电动 / 发电机转子位于电动 / 发电机定子内，永磁型径向磁悬浮轴承 B 转子位于永磁型径向磁悬浮轴承 B 定子内；悬浮 / 储能一体化飞轮 B 位于永磁型径向磁悬浮轴承 A 定子和电磁永磁混合型轴向磁悬浮轴承定子之间，悬浮 / 储能一体化飞轮 A 设置在电动 / 发电机定子和电磁永磁混合型轴向磁悬浮轴承定子之间。

[0012] 上述永磁型径向磁悬浮轴承 A 转子外端面与永磁型径向磁悬浮轴承 A 定子内端面之间、悬浮 / 储能一体化飞轮 B 的上端面与电磁永磁混合型轴向磁悬浮轴承定子下端面之间、悬浮 / 储能一体化飞轮 A 下端面与电磁永磁混合型轴向磁悬浮轴承定子上端面之间、电动 / 发电机转子外端面与电动 / 发电机定子内端面之间、永磁型径向磁悬浮轴承 B 转子外端面与永磁型径向磁悬浮轴承 B 定子内端面之间均存在气隙作为磁场能量的存储介质，气隙宽度优选在 0.3 ~ 1.5mm 之间。

[0013] 上述永磁型径向磁悬浮轴承 A 定子、永磁型径向磁悬浮轴承 B 定子分别嵌入外壳的底部和顶部，其外端面分别与外壳的底部外端面和顶部外端面位于同一个平面上。相应的，永磁型径向磁悬浮轴承 A 转子 (11)、永磁型径向磁悬浮轴承 B 转子 (6) 的外端面也分别与外壳 (1) 的底部外端面和顶部外端面位于同一个平面上。

[0014] 基于上述结构，本发明的磁悬浮飞轮储能装置具有以下优点：

[0015] 1、利用两个永磁型径向磁悬浮轴承实现转子在四个径向自由度上的悬浮，利用一个电磁永磁混合型轴向磁悬浮轴承实现转子在轴向自由度的悬浮，不但实现了转子的全悬浮，而且简化了飞轮储能装置中磁悬浮轴承系统的结构，降低了磁悬浮轴承系统的能量损耗，提高了飞轮储能装置能量转换的效率。

[0016] 2、利用两个悬浮 / 储能一体化飞轮，将转子的位移控制与电能的存储合二为一，使飞轮储能装置的结构简化、重量减轻，体积缩小，能量密度提高。

## 附图说明

[0017] 图 1 是磁悬浮飞轮储能装置结构平面示意图。

[0018] 图 1 中标号名称:1、外壳。2、永磁型径向磁悬浮轴承 A 定子。3、电磁永磁混合型轴向磁悬浮轴承定子。4、电动 / 发电机定子。5、永磁型径向磁悬浮轴承 B 定子。6、永磁型径向磁悬浮轴承 B 转子。7、主轴。8、电动 / 发电机转子。9、悬浮 / 储能一体化飞轮 A。10、悬浮 / 储能一体化飞轮 B。11、永磁型径向磁悬浮轴承 A 转子。

## 具体实施方式

[0019] 如图 1 所示,本发明的永磁型径向磁悬浮轴承 A 定子 2、电磁永磁混合型轴向磁悬浮轴承定子 3、电动 / 发电机定子 4、永磁型径向磁悬浮轴承 B 定子 5 均套装在外壳 1 内部,其外端面均与外壳 1 的内端面接触。其中,电磁永磁混合型轴向磁悬浮轴承定子 3 位于永磁型径向磁悬浮轴承 A 定子 2、电动 / 发电机定子 4 之间,电动 / 发电机定子 4 位于电磁永磁混合型轴向磁悬浮轴承定子 3、永磁型径向磁悬浮轴承 B 定子 5 之间。永磁型径向磁悬浮轴承 B 转子 6、电动 / 发电机转子 8、悬浮 / 储能一体化飞轮 A9、悬浮 / 储能一体化飞轮 B10 和永磁型径向磁悬浮轴承 A 转子 11 均套装在主轴 7 外部,其内端面均与主轴 7 的外端面接触。其中,永磁型径向磁悬浮轴承 A 转子 11 位于永磁型径向磁悬浮轴承 A 定子 2 内端面形成的轴孔中,且永磁型径向磁悬浮轴承 A 转子 11 外端面与永磁型径向磁悬浮轴承 A 定子 2 内端面之间存在微小气隙;悬浮 / 储能一体化飞轮 B10 位于永磁型径向磁悬浮轴承 A 定子 2、电磁永磁混合型轴向磁悬浮轴承定子 3 之间,且悬浮 / 储能一体化飞轮 B10 上端面与电磁永磁混合型轴向磁悬浮轴承定子 3 下端面之间存在微小气隙;悬浮 / 储能一体化飞轮 A9 位于电动 / 发电机定子 4、电磁永磁混合型轴向磁悬浮轴承定子 3 之间,且悬浮 / 储能一体化飞轮 A9 下端面与电磁永磁混合型轴向磁悬浮轴承定子 3 上端面之间存在微小气隙;电动 / 发电机转子 8 位于电动 / 发电机定子 4 内端面形成的轴孔中,且电动 / 发电机转子 8 外端面与电动 / 发电机定子 4 内端面之间存在微小气隙;永磁型径向磁悬浮轴承 B 转子 6 位于永磁型径向磁悬浮轴承 B 定子 5 内端面形成的轴孔中,且永磁型径向磁悬浮轴承 B 转子 6 外端面与永磁型径向磁悬浮轴承 B 定子 5 内端面之间存在微小气隙。

[0020] 本发明利用永磁型径向磁悬浮轴承 A 转子 11 与永磁型径向磁悬浮轴承 A 定子 2 之间、永磁型径向磁悬浮轴承 B 转子 6 与永磁型径向磁悬浮轴承 B 定子 5 之间的相互作用实现转子在径向四个自由度上的被动悬浮,利用电磁永磁混合型轴向磁悬浮轴承定子 3 与悬浮 / 储能一体化飞轮 A9、悬浮 / 储能一体化飞轮 B10 之间的相互作用实现转子轴向自由度的主动悬浮。

[0021] 本发明在充电时,利用电动 / 发电机定子 4 与电动 / 发电机转子 8 之间的相互作用使转子高速旋转,将输入的电能量转化为悬浮 / 储能一体化飞轮 A9、悬浮 / 储能一体化飞轮 B10 的旋转动能,达到额定转速后断开外部电源。放电时,利用电动 / 发电机定子 4 与电动 / 发电机转子 8 之间的相互作用将悬浮 / 储能一体化飞轮 A9、悬浮 / 储能一体化飞轮 B10 的旋转动能转化为电能输出给外部负载。

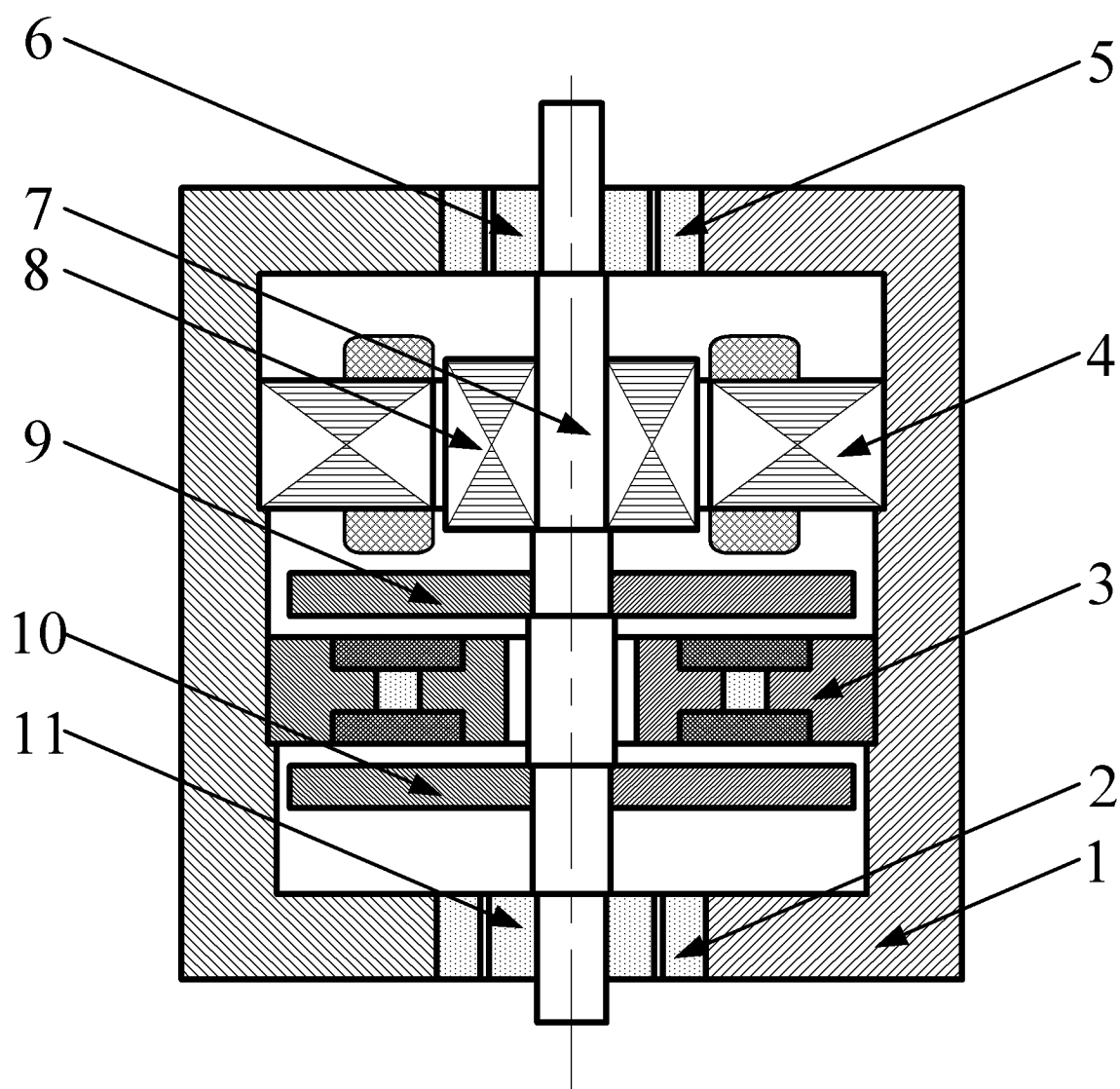


图 1