



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105141091 A

(43) 申请公布日 2015. 12. 09

(21) 申请号 201510663688. 6

(22) 申请日 2015. 10. 15

(71) 申请人 东南大学

地址 210096 江苏省南京市玄武区四牌楼 2 号

(72) 发明人 阳辉 林鹤云 诸自强 房淑华
黄允凯

(74) 专利代理机构 江苏永衡昭辉律师事务所
32250

代理人 王斌

(51) Int. Cl.

H02K 16/04(2006. 01)

H02K 1/17(2006. 01)

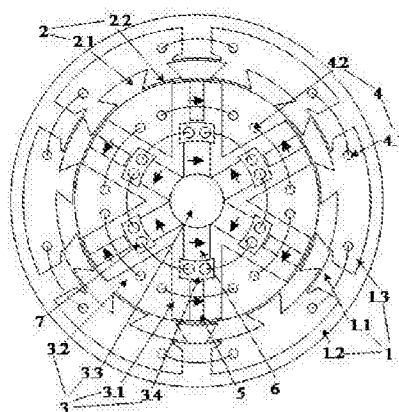
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称

一种双定子双功率绕组聚磁式混合永磁记忆电机

(57) 摘要

本发明公开了一种双定子双功率绕组聚磁式混合永磁记忆电机,该电机包括外定子、转子和内定子,内外定子呈同轴内外套接布置;外定子包括电枢铁心齿、定子轭和设于电枢铁心齿上的第一电枢绕组,内定子包括开有两个内槽的内定子铁心、钕铁硼永磁和铝镍钴永磁、置于内定子第一内槽的第二电枢绕组以及置于第二内槽内的脉冲调磁绕组,两种共同励磁的永磁体空间上平行,呈聚磁式切向充磁设置。本发明解决了传统单定子结构转矩密度较低的弱点,并通过双定子两套功率绕组,内定子混合永磁的设置以实现高功率密度,且施加脉冲电流调节永磁体磁化水平和方向,实现电机磁场高效调节,提高转速运行范围。



1. 一种双定子双功率绕组聚磁式混合永磁记忆电机,其特征在于:包括同轴设置且由外到内依次套接的外定子(1)、转子(2)和内定子(3);外定子(1)和内定子(3)之间呈不对称结构,并均设有功率绕组;

外定子(1)包括电枢铁心齿(1.1),环状的定子轭部(1.2)和电枢绕组(4);定子电枢铁心齿(1.1)设置在定子轭部(1.2)与转子(2)之间,相邻的枢铁心齿(1.1)之间设有第一内槽(1.3),用于置放缠绕于电枢铁心齿(1.1)上的电枢绕组(4);

转子(2)的截面为环形,包括一个以上的导磁硅钢的转子铁块(2.1),转子铁块(2.1)沿环形圆周间均匀间隔排布,

内定子(3)包括开有两个内槽的内定子铁心(3.1)、钕铁硼永磁(5)、铝镍钴永磁(6)、置于内定子(3)内部调磁绕组内槽(3.2)的集中脉冲调磁绕组(7),以及置于第二电枢绕组内槽(3.2)的第二电枢绕组(3.4);呈聚磁式分布的切向平行充磁的钕铁硼永磁(5)嵌在内定子之间,而平行充磁的铝镍钴永磁(6)分布于钕铁硼永磁(5)和集中内部凹槽(3.2)下靠近转轴的一侧;

所述电枢铁心齿(1.1)、钕铁硼永磁(5)和铝镍钴永磁(6)同轴设置;且钕铁硼永磁(5)、电枢铁心齿(1.1)和铝镍钴永磁(6)三者个数相等,两永磁均为周向充磁,且相邻两永磁极性交替分布。

2. 根据权利要求1所述的一种双定子双功率绕组聚磁式混合永磁记忆电机,其特征是:每一组电枢绕组(4)均为集中绕组。

3. 根据权利要求书2所述的一种双定子双功率绕组聚磁式混合永磁记忆电机,其特征是:相邻的转子铁块(2.1)之间通过导磁桥(2.2)连接,并固定于环氧树脂套筒内。

一种双定子双功率绕组聚磁式混合永磁记忆电机

技术领域

[0001] 本发明涉及一种可调磁通永磁电机,具体涉及一种双定子混合永磁记忆电机。

背景技术

[0002] 在电机领域中,普通永磁同步电机(PMSM)由于普通永磁材料(如钕铁硼)的固有特性,电机内的气隙磁场基本保持恒定,作为电动运行时调速范围十分有限,在诸如电动汽车,航空航天等宽调速直驱场合的应用受到一定限制,故以实现永磁电机的气隙磁场的有效调节为目标的可调磁通永磁电机一直是电机研究领域的热点和难点。传统的PMSM均采用直轴电流进行弱磁调速,但是由于逆变器容量限制以及永磁不可逆去磁风险的存在而难以实现高效调磁。永磁记忆电机(以下简称“记忆电机”)是一种新型的磁通可控型永磁电机,它采用低矫顽力铝镍钴永磁体,通过定子绕组或者直流脉冲绕组产生周向磁场,从而改变永磁体磁化强度对气隙磁场进行调节,同时永磁体的磁密水平具有被永磁体记忆的特点,避免了电枢损耗,实现了在线高效调磁。

[0003] 传统的记忆电机由克罗地亚裔德国电机学者奥斯托维奇(Ostovic)教授在2001年提出。这种拓扑结构的记忆电机由写极式电机发展而来,转子由铝镍钴永磁体、非磁性夹层和转子铁心组成三明治结构。这种特殊结构能够随时对永磁体进行在线反复不可逆充去磁,同时减小交轴电枢反应对气隙磁场的影响。

[0004] 然而,这种基本结构的记忆电机的转子结构存在着不足。由于永磁体处于转子,电枢绕组同时具备能量转换和磁场调节功能,因此在线调磁难度大大增加;其次,由于采用了AlNiCo永磁体,为了获足够的磁通,就必须采用足够厚度的材料。而在上述的切向式结构下,不易实现;同时,转子必须做隔磁处理,而且整个转子由多个部分紧固在轴上,降低了机械可靠性;最后,在需要宽调速驱动电机的场合,如机床和电动汽车中,采用上述结构的永磁气隙主磁通不高,电机力能指标也不能让人满意。因此许多拓扑结构的混合永磁式内置式永磁记忆电机提出,但是由于转子永磁以及铁心的磁路饱和将造成高速区电机温升和铁心损耗增大,效率受到极大影响。设有两种不同材料的永磁共同励磁,其中钕铁硼永磁提供气隙主磁场,而“V”形聚磁式铝镍钴永磁起到磁场调节器的作用。然而,传统电机气隙磁场由钕铁硼永磁体励磁产生,难以调节,限制了其在电动汽车宽调速驱动场合的应用;其次还存在端部漏磁问题,永磁体利用率不高,导致电磁兼容问题。

[0005] 近些年来,一种新型的永磁型电机—磁齿轮复合电机由于其卓越的性能受到国内外学者广泛关注。磁齿轮电机具有高转矩密度、效率高和结构简单可靠性高等优点。在永磁同步电机领域,磁齿轮永磁电机在风力发电等领域具有更大的工业价值。

[0006] 另一方面,近年来,国内哈尔滨工业大学程树康教授、香港大学K. T. Chau教授等率先开展了对适用于混合动力汽车领域直驱ISG系统的双定子永磁无刷电机的研究。由于双定子永磁无刷电机比常规永磁电机能够提供更高的效率和功率密度,因此被尝试应用于混合动力汽车的集成起动/发电机系统等领域,其目的是实现较大速度范围内输出电压保持不变以及获得更大的驱动转矩。

[0007] 国内外不少学者提出了混合励磁电机,其特征为:实现了气隙磁场的可调节性,该电机结合了励磁磁势和永磁磁势,使得其弱磁能力十分突出。但是,这种电机同时存在两个磁势源,两者磁通容易相互耦合、相互影响,增大了电磁特性的复杂性,且存在转矩密度较低,增大励磁损耗、励磁电流控制系统实现难度大等弱点。

[0008]

发明内容

[0009] 本发明所要解决的技术问题是现有的混合励磁电机同时存在两个磁势源,两者磁通容易相互耦合、相互影响,增大了电磁特性的复杂性,且存在转矩密度较低,增大励磁损耗、励磁电流控制系统实现难度大。

[0010] 为解决上述技术问题,本发明采用的技术方案是:一种双定子双功率绕组聚磁式混合永磁记忆电机,包括同轴设置且由外到内依次套接的外定子、转子和内定子;外定子和内定子均为不对称结构,并均设有功率绕组;外定子包括电枢铁心齿,环状的定子轭部和电枢绕组;定子电枢铁心齿设置在定子轭部与转子之间,相邻的枢铁心齿之间设有第一内槽,用于置放缠绕于电枢铁心齿上的电枢绕组;转子的截面为环形,包括一个以上的导磁硅钢的转子铁块,转子铁块沿环形圆周间均匀间隔排布;内定子包括开有两个内槽的内定子铁心、钕铁硼永磁、铝镍钴永磁、置于内定子内部调磁绕组内槽的集中脉冲调磁绕组,以及置于第二电枢绕组内槽的第二电枢绕组;呈聚磁式分布的切向平行充磁的钕铁硼永磁嵌在内定子之间,而平行充磁的铝镍钴永磁分布于钕铁硼永磁和集中内部凹槽下靠近转轴的一侧;所述电枢铁心齿、钕铁硼永磁和铝镍钴永磁同轴设置;且钕铁硼永磁、电枢铁心齿和铝镍钴永磁三者个数相等,两永磁均为周向充磁,且相邻两永磁极性交替分布。

[0011] 本发明的电机采用了双定子结构,使得作用于转子上的电磁转矩增加,电机整体的转矩密度和功率密度得到了提高,具有很高的起动转矩;因为两侧定子均设有功率绕组,因此实现了较大的转矩输出;因为电机采用了定子混合永磁型结构,钕铁硼和铝镍钴永磁体、脉冲绕组、电枢绕组均置于内侧定子上,因此易于散热、冷却;相对于传统的永磁同步电机而言,本发明转子为独立的分块铁块,仅充当导磁铁心的作用;本电机加载运行时,电枢反应的磁路由内外侧定子铁心和分块导磁转子铁心闭合,因此矫顽力较低的铝镍钴永磁体可以有效避免电枢反应磁动势对产生的不可逆退磁等影响,实现记忆电机高效的在线调磁运行十分关;由于两永磁均为周向充磁,因此,电机能够随时对铝镍钴永磁体进行在线反复不可逆充去磁,并根据记录的充去磁参数随时调用以满足运行目标,实现气隙磁场的在线调磁,同时脉冲绕组只在非常短的时间内施加充、去磁电流。因此,相对于混合励磁磁通切换电机,磁通切换永磁记忆电机具有很小的励磁损耗,并且调速控制系统的复杂性相对要小,不存在电励磁磁动势和永磁磁势相互影响、电机电磁特性较为复杂的情况;同时,由于转子采用了杯形转子,转动惯量小,因此电机的响应快,动态性能好,且本电机可以与混合动力汽车的无级变速驱动系统有机结合,作为起发电机具有较好的工业应用前景。

[0012] 优选的,每一组电枢绕组均为集中绕组。电枢绕组脉冲绕组都采用集中式绕组,有效地降低了端部长度,削减电机端部效应;且电机铜耗非常小,提高电机运行效率。

[0013] 优选的,相邻的转子铁块之间通过导磁桥连接,并固定于环氧树脂套筒内。由于转子铁块为空间隔离分块结构,并在周向均匀分布,靠近内定子侧有导磁桥用于连接转子铁

块,能起到增加机械强度的作用。

[0014] 本发明的优点是:可以解决传统单定子结构转矩密度较低的弱点,并通过双定子两套功率绕组,内定子混合永磁的设置以实现高功率密度,且施加脉冲电流调节永磁体磁化水平和方向,实现电机磁场高效调节,提高转速运行范围。

附图说明

[0015] 图1为本发明的电机结构示意图。

[0016] 图2为本发明的电机磁力线分布图(充磁状态)。

[0017] 图3为本发明的电机磁力线分布图(去磁状态)。

具体实施方式

[0018] 下面结合附图及实施方式对本发明专利作进一步详细的说明:

如图1所示,箭头方向表示永磁体充磁方向;本发明公开了一种高功率密度的双定子双功率绕组聚磁式混合永磁记忆电机,该电机包括由外至内依次套接且同轴设置的外定子1、转子2和内定子3,该电机为双层定子结构,且外定子1和内定子3之间非对称设置,并均设有功率绕组,转子2为空心杯结构;

外定子1设在转子2外部,包括电枢铁心齿1.1、环状的定子轭部1.2和电枢绕组4。电枢铁心齿1.1设置在定子轭部1.2与转子之间,相邻的相邻的枢铁心齿1.1之间设有第一内槽1.3,用于置放缠绕于电枢铁心齿1.1上的电枢绕组4;

转子2整体呈圆筒杯状,环体周向间隔布置有多个导磁硅钢的转子铁块2.1,转子铁块2.1可由靠近转轴的导磁桥2.2连接,并固定于不导磁环氧树脂套筒内;

内定子3包括开有两个内槽的内定子铁心3.1、钕铁硼永磁5、铝镍钴永磁6、置于内定子3内部调磁绕组内槽3.2的集中脉冲调磁绕组7,以及置于第二电枢绕组内槽3.2的第二电枢绕组3.4;呈聚磁式分布的切向平行充磁的钕铁硼永磁5嵌在内定子之间,而平行充磁的铝镍钴永磁6分布于钕铁硼永磁5和集中内部凹槽3.2下靠近转轴的一侧;

所述外定子1不含永磁体,提供主电枢励磁磁场;内定子3由永磁与铁心齿组成的三明治定子单元构成,且两套电枢绕组分别置于两定子上;电枢绕组4、第二电枢绕组3.4的线圈数与单种永磁体的数目一致,且均为集中绕组;电枢铁心齿1.1与内定子的钕铁硼永磁5以及铝镍钴永磁6的中心线保持平齐;

所述内定子3具有两种共同励磁的永磁体,且钕铁硼永磁5、铝镍钴永磁6和电枢铁心齿1.1的个数相等,两永磁均为周向充磁,且相邻两永磁极性交替分布;铝镍钴永磁6可双向充去磁,且在周向极性交替分布;所述的转子铁块2.1为分块结构,沿周向均匀分布,靠近内定子侧有导磁桥2.2用于连接相邻的转子铁块2.1,以起到增加机械强度的作用;

增磁时,即铝镍钴永磁6和钕铁硼永磁5磁场方向一致时,在定子内部呈聚磁式结构以增强气隙主磁通;而弱磁时,即铝镍钴永磁6和钕铁硼永磁5磁场在定子内部短路,以减弱气隙主磁通。

[0019] 所述的脉冲调磁绕组7为集中绕组,脉冲调磁绕组7依次首尾串联形成单相脉冲绕组,脉冲电流方向形成交替分布。本电机通过施加脉冲电流调节径向充磁的铝镍钴永磁6剩余磁化强度,实现电机空载气隙磁场可调,提高电机的弱磁能力和转速运行范围。

[0020] 低矫顽力永磁体采用铝镍钴永磁体,该永磁材料矫顽力低、剩磁高的特点,采用铸造型制造工艺,温度稳定性高。永磁磁势与脉冲绕组磁势构成串联磁路。径向充磁的设计能保证施加脉冲电流的磁场能较大程度地对其进行充、去磁,从而实现电机气隙磁场可调,提高电机转速运行范围和弱磁能力。

[0021] 本实施实例的记忆电机采用双边定子,可以使用多种极槽配合,但需要保证单种永磁的个数和内外定子铁心齿数相等;且永磁励磁和主电枢磁场分布在外内两个定子里,而次电枢磁场由内定子提供,提升了电机空间的利用率,使得传统单定子记忆电机转矩密度低得到了有效解决。

[0022] 本发明公开的一种磁通切换型混合永磁记忆电机的运行原理如下:

本实例的记忆电机的磁路具体为:首先从内定子3的永磁的北极到内定子铁心,再穿过转子铁心极到达外定子1的电枢齿,再到定子轭,最后依次通过另一相邻的定子齿,转子铁心和内定子铁心达到永磁的南极;与此同时,两套电机定子绕组里匝链的磁通(磁链)会根据转子铁心的不同位置切换方向,因此会感应出正弦波形、双极性的反电动势,转子连续旋转时,两套定子绕组中匝链的磁通方向呈周期性改变,实现机电能量转换。由于定、转子齿形成的凸极效应以及定、转子齿数的不对等交错特性,本混合永磁记忆电机实质上是一种新型磁阻感应式永磁电机。

[0023] 最关键的是,该混合永磁记忆电机的脉冲绕组在平时正常运行处于开路状态,由钕铁硼和铝镍钴永磁体共同提供气隙磁场,避免了励磁损耗,通过施加脉冲电流产生磁场对铝镍钴永磁体增、去磁以调节气隙磁场大小。当铝镍钴永磁体与钕铁硼永磁磁通方向一致时,铝镍钴永磁产生的磁通将钕铁硼永磁磁通推向气隙,从而达成增磁的目的;而当铝镍钴永磁体与钕铁硼永磁磁通方向相反时,两者磁通在定子铁心内部形成回路,即钕铁硼永磁将被铝镍钴永磁大量短路使得气隙磁场磁通密度降低,从而实现电动运行时弱磁增速的效果,并且拓宽电机作为电动机运行时的恒功率运行范围。

[0024] 具体来说,如图2所示,当该电机的工业应用场合要求低速大转矩,如电动汽车启动爬坡,风力发电等场合时,可以通过脉冲调磁绕组对铝镍钴永磁进行充磁以增大电机的出力;另一方面,如图3所示,当应用场合为高速低转矩场合,如洗衣机的加速甩干,电动汽车的高速巡航,可以通过施加去磁电流脉冲让铝镍钴永磁发生反向去磁以短路钕铁硼永磁,使得气隙磁通减弱达到“弱磁增速”的效果。图2至图3中实线表示钕铁硼永磁磁力线及方向,点虚线表示铝镍钴永磁磁力线及方向。

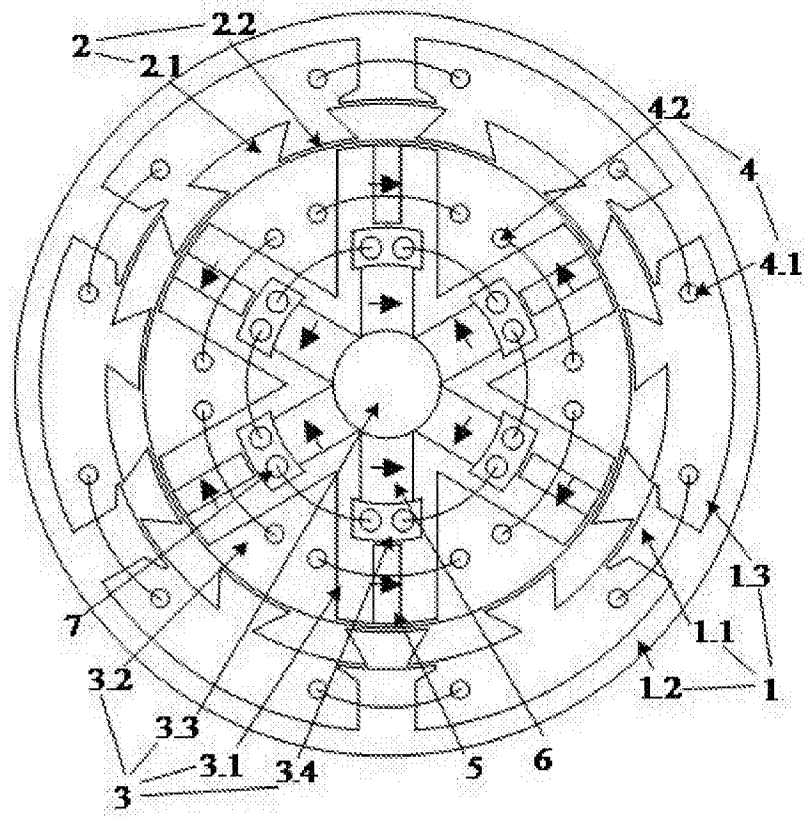


图 1

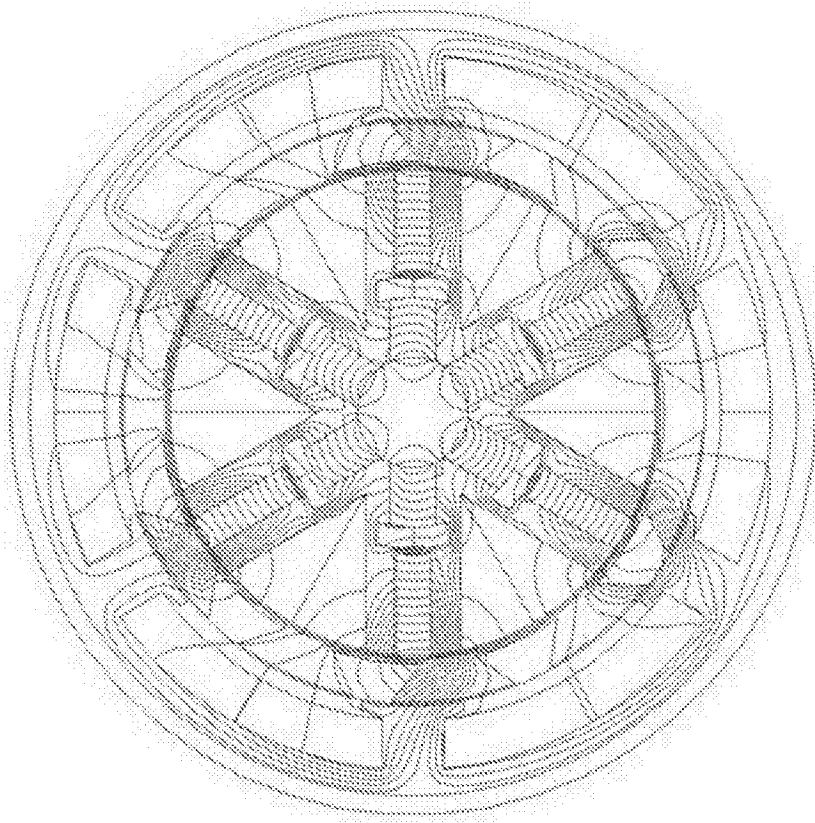


图 2

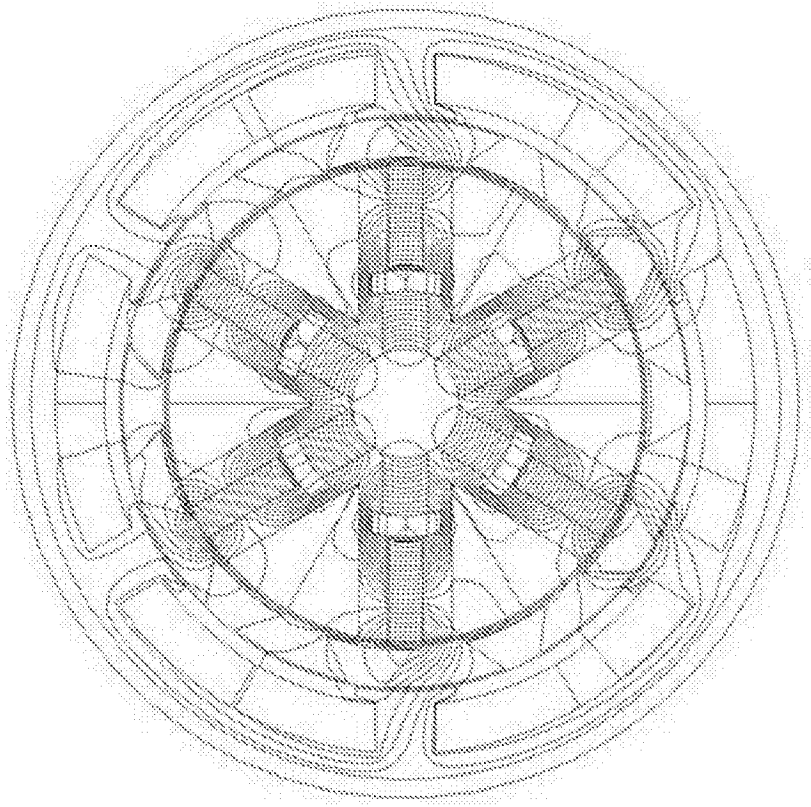


图 3