



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104410180 A

(43) 申请公布日 2015. 03. 11

(21) 申请号 201410756127. 6

(22) 申请日 2014. 12. 11

(71) 申请人 东南大学

地址 210018 江苏省南京市玄武区四牌楼 2 号

(72) 发明人 林鹤云 阳辉 房淑华 黄允凯

(74) 专利代理机构 南京瑞弘专利商标事务所 (普通合伙) 32249

代理人 杨晓玲

(51) Int. Cl.

H02K 1/17(2006. 01)

H02K 1/16(2006. 01)

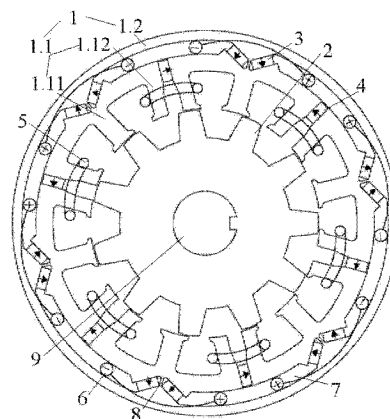
权利要求书1页 说明书7页 附图3页

(54) 发明名称

一种 E 形定子铁心磁通切换型混合永磁记忆电机

(57) 摘要

本发明公开了一种 E 形定子铁心磁通切换型混合永磁记忆电机,属于可调磁通永磁电机领域。本电机的转子和定子铁心均为凸极结构。电机的定子包含 6 个“E”形定子铁心、“V”形铝镍钴永磁体、切向充磁矩形钕铁硼永磁以及一整层定子轭构成;其中,相邻两个“E”形定子铁心之间镶嵌着极性相反的相邻钕铁硼永磁,而三相集中绕组电枢绕组跨绕在相邻的定子“E”形定子单元的铁心边和钕铁硼永磁组成的三明治单元上。相邻两组“V”形铝镍钴之间的槽以放置有集中式单相脉冲绕组;本发明极大地缓解了定子铁心内部电磁负荷以及脉冲调磁容量间的空间冲突,可实现灵活的在线调磁,并几无励磁损耗,可提高电机的转矩密度和力能表现;容错带故障运行能力强。



1. 一种 E 形定子铁心磁通切换型混合永磁记忆电机,其特征在于:包括定子(1)、与定子相适配的三相电枢集中绕组(5)和脉冲调磁绕组(6)、凸极转子(2)、不导磁转轴(9);所述定子(1)设在转子(2)外部,转子(2)固定于不导磁转轴(9)上且为凸极式;

所述定子(1)为分层结构;所述定子(1)包括一个以上的“E”形定子铁心(1.1)和外层定子轭(1.2),所述“E”形定子铁心(1.1)沿凸极转子(2)周向均匀分布,而所述外层定子轭(1.2)设置于“E”形定子铁心(1.1)的外侧;所述外层定子轭(1.2)与“E”形定子铁心(1.1)之间相嵌着“V”形铝镍钴永磁体(3),且所述“V”形铝镍钴永磁体(3)位于相邻的两个“E”形定子铁心(1.1)外侧,同时铝镍钴永磁体(3)中间的导磁桥(8)连接外层定子轭(1.2)与“E”形定子铁心(1.1);每两个相邻的“E”形定子铁心(1.1)之间的间隙依次嵌入极性交替的钕铁硼永磁体(4);

所述“E”形定子铁心(1.1)包括容错齿(1.11)铁心边和两个电枢齿(1.12)铁心边,所述两个电枢齿(1.12)分别设置在“E”形定子铁心(1.1)的两端,而所述容错齿(1.11)设置于两个电枢齿(1.12)中间;所述相邻的两个“E”形定子铁心(1.1)的电枢齿(1.12)、相邻的两个“E”形定子铁心(1.1)之间的钕铁硼永磁体(4)组成三明治单元,所述三相电枢集中绕组(5)缠绕在三明治单元上;

所述相邻两个铝镍钴永磁体(3)、定子轭(1.2)、相邻的两个“E”形定子铁心单元(1.1)的两条铁心边以及钕铁硼永磁体(4)围成的区域为空腔(7),所述脉冲绕组(6)设置在该空腔(7)内并绕在铝镍钴永磁体(3)之上。

2. 根据权利要求1所述的 E 形定子铁心磁通切换型混合永磁记忆电机,其特征在于:所述“E”形定子铁心(1.1)的个数为六个;所述定子铁心(1)的材料为导磁硅钢片。

3. 根据权利要求2所述的 E 形定子铁心磁通切换型混合永磁记忆电机,其特征在于:所述钕铁硼永磁体(4)为交替切向充磁结构,所述交替切向充磁结构为不完全填充相邻“E”形定子单元(1.1)以形成的“虚槽”。

4. 根据权利要求3所述的 E 形定子铁心磁通切换型混合永磁记忆电机,其特征在于:所述电枢齿(1.12)与容错齿(1.11)齿宽不相等,以实现齿槽转矩的减小。

5. 根据权利要求4所述的 E 形定子铁心磁通切换型混合永磁记忆电机,其特征在于:所述铝镍钴永磁呈“V”形聚磁式结构,沿圆周半径方向平行充磁,北极、南极交替排列;而钕铁硼永磁(4)沿圆周半径切向充磁,北极、南极交替排列,且与中间容错齿在半径方向平齐放置。

6. 根据权利要求5所述的 E 形定子铁心磁通切换型混合永磁记忆电机,其特征在于:所述脉冲调磁绕组(6)依次首尾串联形成单相脉冲绕组,脉冲调磁绕组(6)施加短时脉冲电流,且方向形成交替分布,以改变铝镍钴永磁体(3)的磁化水平甚至磁化方向来调节电机的气隙磁场。

7. 根据权利要求6所述的 E 形定子铁心磁通切换型混合永磁记忆电机,其特征在于:所述“E”形定子铁心(1.1)数 N_{sc} 与其配套的三相电枢集中绕组(5)线圈数、铝镍钴永磁体(3)组数以及钕铁硼永磁(4)数量相等, N_{sc} 和转子极数 N_r 满足:

$$N_{sc} = 2mk$$

$$N_r = N_{sc} \pm n$$

其中:m是电机相数,n是非负整数,k为正整数。

一种 E 形定子铁心磁通切换型混合永磁记忆电机

技术领域

[0001] 本发明涉及一种 E 形定子铁心磁通切换型混合永磁记忆电机,属于可调磁通永磁电机领域。

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。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。

[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,转子永磁式混合永磁结构存在高速涡流损耗和高温升等问题,而且在高负载运行区域,其低矫顽力永磁去磁严重,使得磁阻转矩严重降低,影响了整机的转矩密度。

[0005] 近些年来,一种新型的定子永磁型电机—磁通切换永磁(Switched Flux Permanent Magnet,以下简称SFPM)电机由于其卓越的性能受到国内外学者广泛关注。SFPM电机具有高功率密度、效率高、空载磁链双极性、空载感应电动势的正弦度极高和结构简单可靠性高等优点。在永磁同步电机领域,SFPM电机已经逐渐取代传统的内置式和表贴式永磁电机,在航空等领域具有更大的工业价值。

[0006] 然而,传统SFPM电机转子铁心存在着磁滞损耗和涡流损耗,而且气隙磁场由永磁体励磁产生,难以调节,限制了其在电动汽车宽调速驱动场合的应用;其次还存在漏磁问题,永磁体利用率不高,导致电磁兼容问题。

[0007] 法国学者提出的混合励磁磁通切换永磁电机实现了气隙磁场的可调节性,该电机

励磁磁势和永磁磁势并联,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,且存在增大励磁损耗、励磁电流控制系统实现难度大等弱点。

[0008] 专利 CN200910196558.0 公开了一种双凸极记忆电机,第一次将“记忆电机”的概念融入定子永磁型电机中以实现高效的在线调磁,但是该电机只采用低矫顽力的铝镍钴永磁,且由于双凸极运行机理,电机具有磁链的单极性和接近梯形波的反电势,使得电机的转矩密度和转矩脉动较大,工业应用性较差,此外,该电机的电枢槽面积较之脉冲绕组槽较小,大大降低了电机的功率密度和力能表现。

发明内容

[0009] 发明目的:为了克服现有技术中存在的不足,本发明提供一种高转矩密度、磁隔离能力强、高容错运行能力和在线调磁效率突出的 E 形定子铁心磁通切换型混合永磁记忆电机。

[0010] 为实现上述目的,本发明采用的技术方案为:一种 E 形定子铁心磁通切换型混合永磁记忆电机,包括定子(1)、与定子相适配的三相电枢集中绕组(5)和脉冲调磁绕组(6)、凸极转子(2)、不导磁转轴(9);所述定子(1)设在转子(2)外部,转子(2)固定于不导磁转轴(9)上且为凸极式;

[0011] 所述定子(1)为分层结构;所述定子(1)包括一个以上的“E”形定子铁心(1.1)和外层定子轭(1.2),所述“E”形定子铁心(1.1)沿凸极转子(2)周向均匀分布,而所述外层定子轭(1.2)设置于“E”形定子铁心(1.1)的外侧;所述外层定子轭(1.2)与“E”形定子铁心(1.1)之间相嵌着“V”形铝镍钴永磁体(3),且所述“V”形铝镍钴永磁体(3)位于相邻的两个“E”形定子铁心(1.1)外侧,同时铝镍钴永磁体(3)中间的导磁桥(8)连接外层定子轭(1.2)与“E”形定子铁心(1.1);每两个相邻的“E”形定子铁心(1.1)之间的间隙依次嵌入极性交替的钕铁硼永磁体(4);

[0012] 所述“E”形定子铁心(1.1)包括容错齿(1.11)铁心边和两个电枢齿(1.12)铁心边,所述两个电枢齿(1.12)分别设置在“E”形定子铁心(1.1)的两端,而所述容错齿(1.11)设置于两个电枢齿(1.12)中间;所述相邻的两个“E”形定子铁心(1.1)的电枢齿(1.12)、相邻的两个“E”形定子铁心(1.1)之间的钕铁硼永磁体(4)组成三明治单元,所述三相电枢集中绕组(5)缠绕在三明治单元上;

[0013] 所述相邻两个铝镍钴永磁体(3)、定子轭(1.2)、相邻的两个“E”形定子铁心单元(1.1)的两条铁心边以及钕铁硼永磁体(4)围成的区域为空腔(7),所述脉冲绕组(6)设置在该空腔(7)内并绕在铝镍钴永磁体(3)之上。

[0014] 优选的:所述“E”形定子铁心(1.1)的个数为六个;所述定子铁心(1)的材料为导磁硅钢片。

[0015] 优选的:所述钕铁硼永磁体(4)为交替切向充磁结构,所述交替切向充磁结构为不完全填充相邻“E”形定子单元(1.1)以形成的“虚槽”。

[0016] 优选的:所述电枢齿(1.12)与容错齿(1.11)齿宽不相等。

[0017] 优选的:所述“E”形定子(1.1)的中间容错齿(1.11)和电枢齿(1.12)为极靴结构。

[0018] 所述“E”形定子(1.1)的中间容错齿上既无绕组又无永磁,仅充当导磁铁心的作用。

[0019] 优选的:所述铝镍钴永磁呈“V”形聚磁式结构,沿圆周半径方向平行充磁,北极、南极交替排列;而钕铁硼永磁(4)沿圆周半径切向充磁,北极、南极交替排列,且与中间容错齿在半径方向平齐放置。

[0020] 优选的:所述脉冲调磁绕组(6)依次首尾串联形成单相脉冲绕组,脉冲调磁绕组(6)施加短时脉冲电流,且方向形成交替分布,以改变铝镍钴永磁体(3)的磁化水平甚至磁化方向来调节电机的气隙磁场。

[0021] 优选的:所述“E”形定子铁心(1.1)数 N_{sc} 与其配套的三相电枢集中绕组(5)线圈数、铝镍钴永磁体(3)组数以及钕铁硼永磁(4)数量相等, N_{sc} 和转子极数 N_r 满足:

$$[0022] \quad N_{sc} = 2mk$$

$$[0023] \quad N_r = N_{sc} \pm n$$

[0024] 其中: m 是电机相数, n 是非负整数, k 为正整数。

[0025] 一种E形定子铁心磁通切换型混合永磁记忆电机的运行原理如下:

[0026] 电机定子绕组里匝链的磁通(磁链)会根据转子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,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,磁通切换永磁记忆电机实质上是一种新型磁阻感应式永磁电机。

[0027] 最关键的是,磁通切换型永磁记忆电机的脉冲绕组在平时正常运行处于开路状态,由双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,甚至可以改变铝镍钴永磁的磁化方向,当铝镍钴永磁磁化方向与钕铁硼相同时,起到增强作用;而当铝镍钴永磁磁化方向与钕铁硼相反时,钕铁硼磁通将大量被铝镍钴永磁产生的磁通短路,从而起到弱磁增速的作用。而由于永磁体的磁通“记忆”功能,可以通过调节脉冲电流的方向和大小,来实现电机气隙磁场的灵活可控性,并且拓宽电机作为电动机运行时的恒功率运行范围。

[0028] 本发明提供的一种E形定子铁心磁通切换型混合永磁记忆电机,相比现有技术,具有以下有益效果:

[0029] 1、整个电机整体结构简单,由于电机采用了定子永磁型结构,铝镍钴永磁体、脉冲绕组、电枢绕组均置于定子,易于散热、冷却。而转子仅充当导磁铁心的作用,相对于传统的永磁同步电机,本发明采用的转子结构非常稳固,特别适用于高速运行。

[0030] 2、本电机采用的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。

[0031] 3、本电机加载运行时,电枢反应的磁路较通过“E”型定子铁心和转子铁心闭合,以避免电枢反应磁动势对矫顽力较低的铝镍钴永磁体产生不可逆退磁等影响,这对记忆电机实现高效在线调磁运行十分关键。

[0032] 4、本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。相对于双凸极记忆电机,本电机具备双极性对称的永磁磁链和反电动势正弦度高、谐波含量低以及转矩和功率密度大得多的特点,也继承了记忆电机突出的弱磁扩速能力。

[0033] 5、该电机的“E”形定子铁心结构实现了电机相间的电、热、磁隔离,降低了电机的互感,使电机具备较强的容错运行能力,而较大的电枢电感有益于提升电机的弱磁能力和抑制短路能力。总之,电机具备较强的结构鲁棒性和运行可靠性,因此非常适合航空航天、电动汽车等领域。

[0034] 综上所述,本发明极大地缓解了定子铁心内部电磁负荷以及脉冲调磁容量间的空间冲突,可实现灵活的在线调磁,并几无励磁损耗,可提高电机的转矩密度和力能表现;容错带故障运行能力强。

附图说明

[0035] 图1为本发明的电机结构示意图,其中箭头方向表示永磁体充磁方向;

[0036] 图2a为当脉冲磁动势对铝镍钴永磁体进行充磁且转子运行到位置A时,本发明的电机磁通路径图;

[0037] 图2b为当脉冲磁动势对铝镍钴永磁体进行充磁且转子运行到位置B时,本发明的电机磁通路径图;

[0038] 图3a为当脉冲磁动势对铝镍钴永磁体进行去磁且转子运行到位置A时,本发明的电机磁通路径图;

[0039] 图3b为当脉冲磁动势对铝镍钴永磁体进行去磁且转子运行到位置B时,本发明的电机磁通路径图;

[0040] 图中:1为定子铁心,1.1为“E”形定子铁心,1.2为定子轭,2为转子,3为铝镍钴永磁体,4为钕铁硼永磁体,5为三相电枢绕组,6为单相脉冲绕组,7为脉冲绕组空腔,8为导磁桥,9为非导磁转轴。图2至图3中实线表示铝镍钴永磁磁力线及方向,点虚线表示钕铁硼永磁磁力线及方向。

具体实施方式

[0041] 下面结合附图对本发明作更进一步的说明。

[0042] 一种E形定子铁心磁通切换型混合永磁记忆电机,如图1所示,包括定子(1)、与定子相适配的三相电枢集中绕组(5)和脉冲调磁绕组(6)、凸极转子(2)、不导磁转轴(9);所述定子(1)设在转子(2)外部,转子(2)固定于不导磁转轴(9)上且为凸极式;

[0043] 所述定子(1)为分层结构;所述定子(1)包括一个以上的“E”形定子铁心(1.1)和外层定子轭(1.2),所述“E”形定子铁心(1.1)沿凸极转子(2)周向均匀分布,而所述外层定子轭(1.2)设置于“E”形定子铁心(1.1)的外侧;所述外层定子轭(1.2)与“E”形定子铁心(1.1)之间相嵌着“V”形铝镍钴永磁体(3),且所述“V”形铝镍钴永磁体(3)位于相邻的两个“E”形定子铁心(1.1)外侧,同时铝镍钴永磁体(3)中间的导磁桥(8)连接外层定子轭(1.2)与“E”形定子铁心(1.1);每两个相邻的“E”形定子铁心(1.1)之间的间隙依次嵌入极性交替的钕铁硼永磁体(4);

[0044] 所述“E”形定子(1.1)的中间容错齿上既无绕组又无永磁,仅充当导磁铁心的作

用。

[0045] 所述“E”形定子铁心(1.1)包括容错齿(1.11)铁心边和两个电枢齿(1.12)铁心边,所述两个电枢齿(1.12)分别设置在“E”形定子铁心(1.1)的两端,而所述容错齿(1.11)设置于两个电枢齿(1.12)中间;所述相邻的两个“E”形定子铁心(1.1)的电枢齿(1.12)、相邻的两个“E”形定子铁心(1.1)之间的钕铁硼永磁体(4)组成三明治单元,所述三相电枢集中绕组(5)缠绕在三明治单元上;

[0046] 所述相邻两个铝镍钴永磁体(3)、定子轭(1.2)、相邻的两个“E”形定子铁心单元(1.1)的两条铁心边以及钕铁硼永磁体(4)围成的区域为空腔(7),所述脉冲绕组(6)设置在该空腔(7)内并绕在铝镍钴永磁体(3)之上。

[0047] 所述“E”形定子铁心(1.1)的个数为六个;所述定子铁心(1)的材料为导磁硅钢片。

[0048] 相邻“E”形定子单元(1.1)的导磁铁心边即容错齿(1.11)和电枢齿(1.12)和钕铁硼永磁体(4)构成三明治单元以缠绕三相电枢绕组。

[0049] 钕铁硼永磁体(4)为交替切向充磁结构,可设计为不完全填充相邻“E”形定子单元(1.1)以形成“虚槽”以减少电枢绕组的端部效应和降低电机的定位力矩。

[0050] “E”形定子单元(1.1)的中间容错齿(1.11)不缠绕任何绕组,以实现相邻两相的磁电热隔离能力,以提升电机的容错能力,而电枢齿(1.12)可设计为与容错齿(1.11)不等齿宽结构,以减少电机的定位力矩和转矩脉动。

[0051] “E”形定子单元(1.1)的中间容错齿(1.11)和电枢齿(1.12)可设计为极靴结构以减少电机的定位力矩和转矩脉动。

[0052] 该电机采用铝镍钴永磁体(3)和钕铁硼永磁(4)两种永磁体混合励磁,其中铝镍钴永磁呈“V”形聚磁式结构,沿圆周半径方向平行充磁,北极(N极)、南极(S极)交替排列;而钕铁硼永磁(4)切向充磁,北极(N极)、南极(S极)交替排列,且与中间容错齿在半径方向平齐放置。

[0053] 脉冲绕组(6)均为集中绕组,脉冲绕组(6)缠绕在铝镍钴永磁体(3)上,脉冲绕组(6)依次首尾串联形成单相脉冲绕组,脉冲绕组(6)施加短时脉冲电流,且方向形成交替分布,以改变铝镍钴永磁(3)的磁化水平甚至磁化方向来调节电机的气隙磁场。

[0054] 其“E”形定子铁心(1)数 N_{sc} 与其配套的电枢绕组(5)线圈数、铝镍钴永磁体(3)组数以及钕铁硼永磁(4)数量相等, N_{sc} 和转子极数 N_r 满足:

$$[0055] \quad N_{sc} = 2mk$$

$$[0056] \quad N_r = N_{sc} \pm n$$

[0057] 在本式中, m 是电机相数, n 是非负整数, k 为正整数。

[0058] 如附图1所示,定子1设在转子2外部,定子铁心为分层结构,包括6个“E”形定子铁心1.1和一整外层定子轭1.2,两部分相嵌着“V”形铝镍钴永磁体3,铝镍钴永磁中间的导磁桥8连接两层定子以加固机械结构,适合一体加工制造,每两个相邻的“E”形定子铁心1.1之间的间隙依次嵌入极性交替的矩形钕铁硼永磁体4;转子2固定于不导磁转轴9上,为凸极式;

[0059] 定子包括“E”形定子铁心1.1、铝镍钴永磁体3、钕铁硼永磁体4、三相电枢绕组5、单相集中式脉冲绕组7和定子轭1.2组成;三相电枢集中绕组5缠绕在相邻两个的“E”形

定子铁心 1.1 的铁心边即容错齿 1.11 和电枢齿 1.12 组成的三明治单元上,容错齿为相邻的钕铁硼永磁磁通提供磁通回路,隔绝了相邻两相的磁热耦合;

[0060] “V”形铝镍钴永磁体 3 内嵌在定子铁心 1 内,相邻铝镍钴永磁体 3、定子轭 1.2 以及“E”形定子铁心单元 1.1 的两条铁心边肩角之间设有空腔 7,脉冲绕组 6 设置在该空腔 7 内并绕在铝镍钴永磁体 3 之上;铝镍钴永磁体 3 中间设有导磁桥 8,以起到方便电机整体的机械结构加工和加固整机机械强度的作用,使电机更适于高速运行,抗振动能力强。

[0061] 如图 2,图 3 所示,由于脉冲绕组 7 施加的是瞬时电流脉冲,产生一个瞬时磁场,从而改变,气隙磁场主要由钕铁硼永磁体 4 提供。实际应用中可根据所需的调磁系数,适当选取永磁体的径向厚度,以达到气隙磁场的最优化在线调节。而钕铁硼磁通和电枢绕组产生的磁通在空间上是并联关系,因此不存在不可逆退磁和失磁故障的危险,大大提高了电机的转矩密度和系统的可靠性。

[0062] 电机可采用冗余电枢绕组,即采用双三相电枢绕组,且两套绕组相互独立解耦控制,当其中一套绕组或者一套绕组的某一相发生短路或断路故障时,抑或是电机的功率变换器存在故障时,电机仍可维持正常运行,从而大大提升了电机的容错能力。

[0063] 定子设在转子外部,定子铁心为分层结构,包括 6 个“E”形定子铁心和一整外层定子轭,两部分相嵌着“V”形铝镍钴永磁体,铝镍钴永磁中间的导磁桥连接两层定子以加固机械结构,适合一体加工制造,每两个相邻的“E”形定子铁心之间的间隙依次嵌入极性交替的矩形钕铁硼永磁体;转子固定于不导磁转轴上,为凸极式;

[0064] 定子包括“E”形定子铁心、铝镍钴永磁体、钕铁硼永磁体、三相电枢绕组、单相集中式脉冲绕组和定子轭组成;三相电枢集中绕组缠绕在相邻两个的“E”形定子铁心的铁心边即容错齿和电枢齿组成的三明治单元上;

[0065] “V”形铝镍钴永磁体内嵌在定子铁心内,相邻铝镍钴永磁体、定子轭以及“E”形定子铁心单元的两条铁心边肩角之间设有空腔,脉冲绕组设置在该空腔内并绕在铝镍钴永磁体之上;铝镍钴永磁体中间设有导磁桥,加强结构牢固可靠性,同时为永磁体提供部分漏磁路径,避免定子轭的磁路过于饱和,实现了永磁体的磁场强度的高效的灵活可调。而且,导磁桥和“E”型定子铁心以及定子轭为一整体。

[0066] 所述的永磁体和电枢绕组都安装在定子,冷却容易;且转子上既无永磁体又无电枢绕组,结构工艺简单,符合车用电机高速运行的要求。“E”形定子铁心单元由硅钢片叠制而成,且各定子铁心尺寸相同,冲片制造工艺相对简单。

[0067] 所述的脉冲绕组为集中绕组,缠绕在永磁体之上,脉冲绕组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。平时正常运行时脉冲绕组为开路状态,而需要在线调磁时本电机通过施加短时脉冲电流调节“V”形铝镍钴永磁体剩余磁化强度,实现电机空载气隙磁场可调,并几无励磁损耗,极大地提高电机的在线调磁效率和转速运行范围。

[0068] 永磁体采取双永磁混合激磁的形式,其中铝镍钴永磁体材料具有矫顽力的特点,采用铸造型制造工艺,温度稳定性高,且能被短时脉冲电流充、去磁,并“记忆”住其磁密水平,实现电机气隙磁密灵活调节。永磁磁势与脉冲绕组磁势构成串联磁路。所述的脉冲绕组产生的脉冲励磁磁力线经定子铁心、永磁体和转子铁心闭合,较多的转子极数将尽量减少转子位置对脉冲绕组充去磁效率的影响,圆周半径方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。而切向充磁的钕铁硼永磁起到能增强电机转矩密度的作用。

[0069] 所述的“E”形定子铁心的中间齿为容错齿,无缠绕任何绕组,因此电枢绕组隔齿绕的形式能实现电机相间的电、磁、热高度隔离,减少了电枢绕组的互感,因此使得电机具备较强的容错带故障运行能力。此外,两种永磁体受电枢反应磁场影响小,不存在不可逆去磁危险,而电机电感大,使得电机抑制短路故障能力强。

[0070] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,应当指出:对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

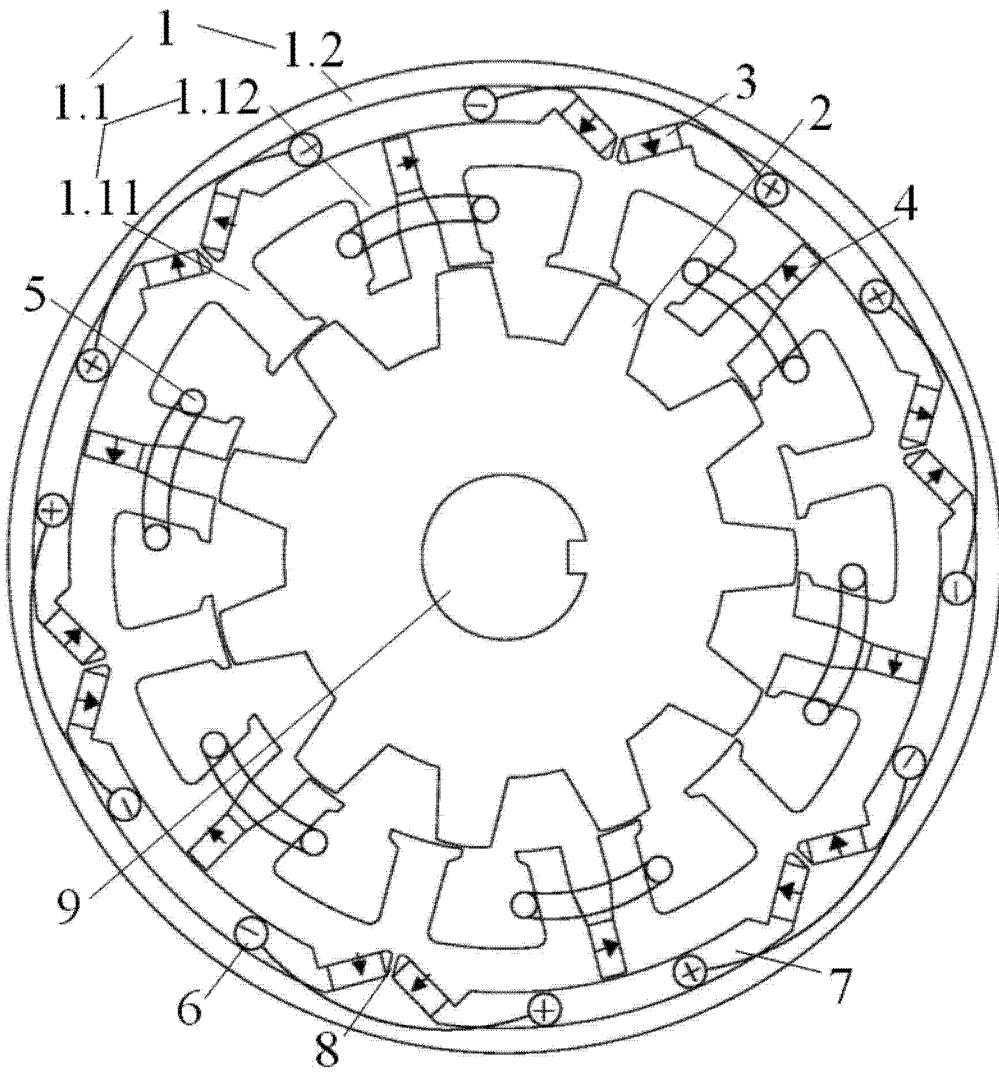


图 1

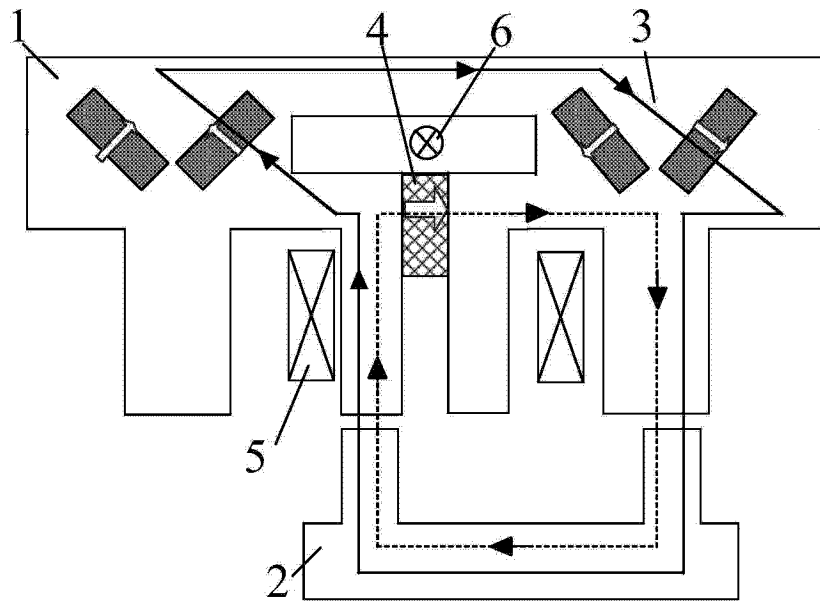


图 2a

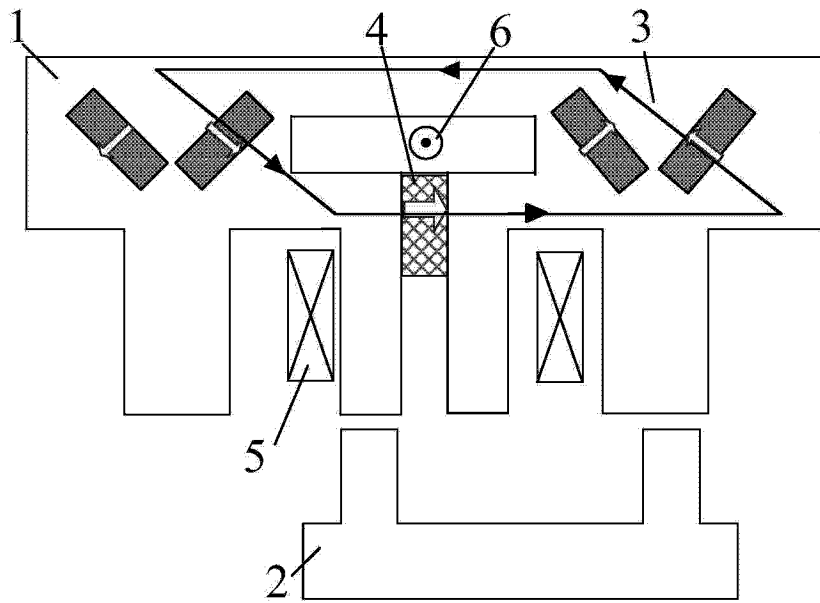


图 2b

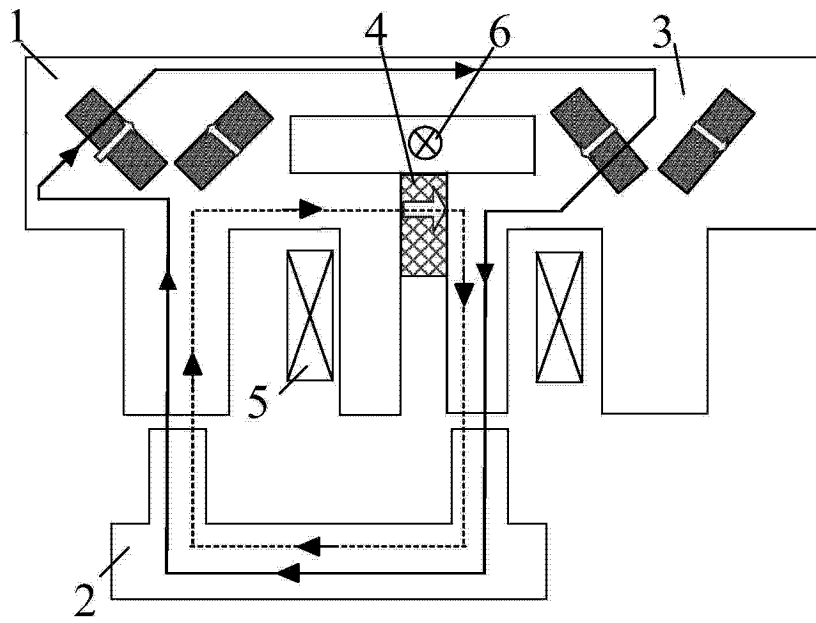


图 3a

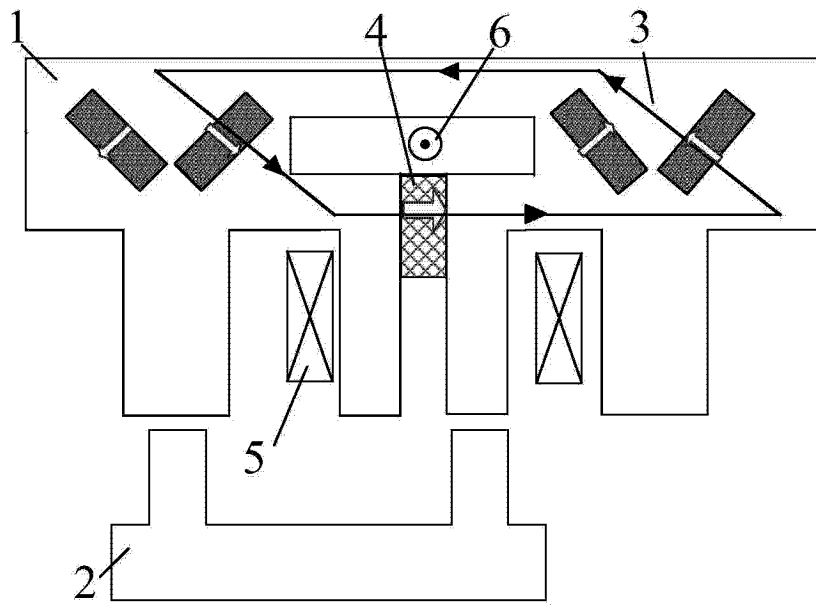


图 3b