



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103633810 A

(43) 申请公布日 2014. 03. 12

(21) 申请号 201310584972. 5

(22) 申请日 2013. 11. 19

(71) 申请人 江苏大学

地址 212013 江苏省镇江市京口区学府路
301 号

(72) 发明人 赵文祥 徐亮 吉敬华 刘国海

(74) 专利代理机构 南京知识律师事务所 32207

代理人 汪旭东

(51) Int. Cl.

H02K 41/02 (2006. 01)

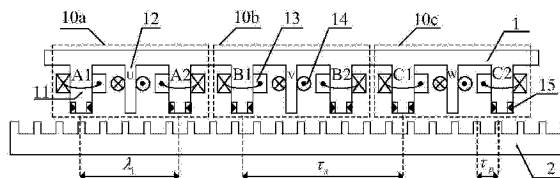
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

(54) 发明名称

一种切向充磁的磁通反向混合励磁直线电机

(57) 摘要

本发明公开了一种切向充磁的磁通反向混合励磁直线电机,包括初级动子和次级定子,所述的初级动子由初级模块并列连接而成,所述的初级动子和次级定子均由导磁材料制成,所述的次级定子为等齿宽的凸极结构,所述的初级动子和次级定子之间为气隙,所述的初级模块两侧分别设有两个电枢齿,所述的两个电枢齿之间设有一个励磁齿,所述的每个电枢齿上绕有一套电枢绕组,所述的每个励磁齿上绕有一套励磁绕组,所述的电枢齿的端部贴装有两块极性相反的切向充磁的永磁体。降低了永磁体发生不可逆退磁的风险,提高了电机的可靠性。解决了狭小的导磁桥易于饱和的问题。提高了电机的容错性能。适合于需要大范围变速运行的应用场合。



1. 一种切向充磁的磁通反向混合励磁直线电机,包括初级动子和次级定子,其特征在于所述的初级动子由初级模块并列连接而成,所述的初级动子和次级定子均由导磁材料制成,所述的次级定子为等齿宽的凸极结构,所述的初级动子和次级定子之间为气隙,所述的初级模块两侧分别设有两个电枢齿,所述的两个电枢齿之间设有一个励磁齿,所述的每个电枢齿上绕有一套电枢绕组,所述的每个励磁齿上绕有一套励磁绕组,所述的电枢齿的端部贴装有两块极性相反的切向充磁的永磁体。

2. 根据权利要求1所述的一种切向充磁的磁通反向混合励磁直线电机,其特征在于所述的初级模块中两个电枢齿的齿距为 $\lambda_1 = (j \pm 0.5) \tau_p$, 相邻初级模块之间的相对位移为 $\tau_s = k \tau_p \pm (1/m) \tau_p$, τ_p 为次级极距、 k, j 为正整数, m 为电机的相数。

3. 根据权利要求1所述的一种切向充磁的磁通反向混合励磁直线电机,其特征在于所述的初级模块中电枢绕组反向串联,励磁绕组正向串联。

一种切向充磁的磁通反向混合励磁直线电机

技术领域

[0001] 本发明涉及一种磁通反向电机,特别是一种切向充磁的磁通反向混合励磁直线电机。

背景技术

[0002] 在需要直线传动场合,直线电机相比于旋转电机具有更高的传动效率,能够提升整个系统的性能。尤其在轮轨交通系统中,直线电机具有爬坡能力强、线路适用性强、工程造价低和噪音低等优点。现今,感应式的直线电机已经在各国城市轨道交通中得到应用。但是,感应电机励磁损耗大、功率因数低。相比于感应电机,永磁直线电机力能指标高、效率高、功率因数高。可是对传统的永磁直线电机来说,无论是将绕组还是永磁体沿轨道铺设,随着轨道长度的增加,电机的制造成本也将会急剧增加。

[0003] 磁通反向直线电机不同于传统的永磁直线电机,它的永磁体和绕组都位于短初级上。而长次级仅由价格低廉的硅钢片叠压制成,非常适合沿轨道进行长线的铺设。但是电机制成之后,气隙磁场难以调节,进而带来恒功率调速范围小,弱磁升速困难的问题,不利于列车的调速。此外,在电机发生短路故障时也无法灭磁,可能会导致故障扩大,不利于列车的安全运行。

[0004] 混合励磁电机结合了永磁电机和电励磁电机的优点,在永磁电机结构的基础上加入励磁绕组,可以方便地对气隙磁场进行调节,从而扩大电机的调速范围。中国授权发明专利 CN200910035497.X 和

[0005] CN201210083874.9 分别公开了一种混合励磁型磁通反向电机,在原有永磁磁通反向电机结构基础上都没有做出太大变化,保留了永磁磁通反向电机紧凑简单的结构,励磁绕组不占用槽空间,不需要额外增加电机的体积,但是,由于励磁磁通需要穿过永磁体,因此,调节磁场的效率不高。中国授权发明专利 CN201320123623.9 和

[0006] CN201110097982.7 公开了一种转子分段式混合励磁磁通反向电机,在永磁体两边都留有导磁桥,因此,电机调磁性能得到了提升。分段式的转子结构也提高了电机的容错性能。但是,导磁桥的宽度较为狭小,容易饱和,制约了电机的调磁能力。分段式的转子也给制造加工和安装带来麻烦。此外,以上电机结构中,永磁体的充磁方向均为径向,与电枢、励磁绕组通入电流产生的磁势相互串联,永磁体容易发生不可逆退磁,使电机出现故障。

发明内容

[0007] 针对现有技术中存在的问题,本发明的目的在于提供一种切向充磁的磁通反向混合励磁直线电机,采用切向充磁的永磁体,其充磁方向与电枢、励磁绕组磁势相并联,不容易在电流变化冲击下发生不可逆退磁。励磁绕组产生的磁通不需要经过磁阻很大的永磁体,因此提高了电机的调磁效率。电枢齿实际上充当了导磁桥的功能,避免了狭小的导磁桥易于饱和的问题。同时,摒弃复杂的分段式转子结构,而采用模块化的初级结构使相间隔离,提升电机的容错性能。

[0008] 为了达到上述目的,本发明采用以下技术方案:一种切向充磁的磁通反向混合励磁直线电机,包括初级动子和次级定子,所述的初级动子由初级模块并列连接而成,所述的初级动子和次级定子均由导磁材料制成,所述的次级定子为等齿宽的凸极结构,所述的初级动子和次级定子之间为气隙,所述的初级模块两侧分别设有两个电枢齿,所述的两个电枢齿之间设有一个励磁齿,所述的每个电枢齿上绕有一套电枢绕组,所述的每个励磁齿上绕有一套励磁绕组,所述的电枢齿的端部贴装有两块极性相反的切向充磁的永磁体。

[0009] 所述的初级模块中两个电枢齿的齿距为 $\lambda_1 = (j \pm 0.5) \tau_p$, 相邻初级模块之间的相对位移为 $\tau_s = k \tau_p \pm (1/m) \tau_p$, τ_p 为次级极距、k, j 为正整数, m 为电机的相数。

[0010] 所述的初级模块中电枢绕组反向串联,励磁绕组正向串联。

[0011] 采用上述技术方案后,本发明具有以下有益效果:

[0012] 1. 本发明采用切向充磁的永磁体,使永磁体磁势方向与电枢、励磁绕组电流产生磁势方向相互并联,降低了永磁体发生不可退磁的风险,提高了电机的可靠性。

[0013] 2. 本发明充分利用电枢齿,使其具有导磁桥的功能,借此来提高调磁效率。没有额外在永磁体的两边加入狭小的导磁桥,从根本上解决了狭小的导磁桥易于饱和的问题。

[0014] 3. 本发明采用模块化的初级结构,不仅使电机反电势正弦对称,同时提高了电机的容错性能。

[0015] 4. 本发明可以方便地对励磁、电枢绕组匝数,电流大小进行协调控制,对电机进行效率优化,实现最优效率,适合于需要大范围变速运行的应用场合。

附图说明

[0016] 图 1 为本发明一种切向充磁的磁通反向混合励磁直线电机实施例的结构示意图。

[0017] 图 2 为本发明实施例在不同励磁工况下的 A 相电枢绕组磁链波形图。

[0018] 图 3 为本发明实施例在不同励磁工况下的 A 相电枢绕组反电势波形图。

[0019] 图 4 为本发明实施例在永磁体单独作用时磁通分布图。

[0020] 图 5 为本发明实施例在永磁体和励磁绕组共同作用时磁通分布图。

[0021] 图中:1、初级动子,10a、初级 a 模块,10b、初级 b 模块,10c、初级 c 模块,11、电枢齿,12、励磁齿,13、电枢绕组,14、励磁绕组,15、永磁体,2、次级定子。

具体实施方式

[0022] 下面根据说明书附图和具体实施例对本发明作进一步的解释。

[0023] 如图 1 所示,一种切向充磁的磁通反向混合励磁直线电机,包括初级动子 1 和次级定子 2,所述的初级动子 1 由初级 a 模块 10a、初级 b 模块 10b 和初级 c 模块 10c 并列连接而成,所述的初级动子 1 和次级定子 2 均由导磁材料制成,所述的次级定子 2 为等齿宽的凸极结构,所述的初级动子 1 和次级定子 2 之间为气隙,所述的初级模块两侧分别设有两个电枢齿 11,所述的两个电枢齿 11 之间设有一个励磁齿 12,所述的每个电枢齿 11 上绕有一套电枢绕组 13,所述的每个励磁齿 12 上绕有一套励磁绕组,所述的电枢齿 11 的端部贴装有两块极性相反的切向充磁的永磁体 15。

[0024] 所述的初级模块中两个电枢齿 11 的齿距为 $\lambda_1 = (j \pm 0.5) \tau_p$, 相邻初级模块之间的相对位移为 $\tau_s = k \tau_p \pm (1/m) \tau_p$, τ_p 为次级极距、k, j 为正整数, m 为电机的相数。

[0025] 所述的初级模块中电枢绕组 13 反向串联,励磁绕组正向串联。

[0026] 因为本发明实施例电机为三相电机,故 $m=3$ 。再取 $n=1$,初级由 $m \cdot n$ 个模块构成,即 3 个模块构成;每个模块中包含有 $2i$ 个电枢齿 11、 i 个励磁齿 12, i 为正整数,取 $i=1$,则每个模块中包含有 2 个电枢齿 11、1 个励磁齿 12。本实施例电机初级分别由 3 个初级模块构成,以初级 a 模块 10a 为例,在初级 a 模块 10a 中包含有 2 个电枢齿 11 (A1、A2)和 1 个励磁齿 12(U)。同一模块中相邻电枢齿 11 的齿距为 $\lambda_1=(j \pm 0.5) \tau_p$,相邻模块之间的相对位移为 $\tau_s=k \tau_p \pm (1/m) \tau_p$, τ_p 为次级极距、 k, j 为正整数。分别取 k, j 为 7、4,则同一模块中相邻电枢齿 11 的齿距为 $\lambda_1=(4+0.5) \tau_p=4.5 \tau_p$,相邻模块之间的相对位移为 $\tau_s=7 \tau_p+(1/3) \tau_p=22 \tau_p/3$ 。以初级 a 模块 10a 为例,相邻电枢齿 11 (A1、A2) 齿相距 $4.5 \tau_p$,即分属这两个电枢齿 11 的两套集中绕组相差 180° 电角度相位,两套集中绕组需要反向串联(如图 1 中 A 相绕组所示),使得 A 相的磁路具有互补性,同理 B 相和 C 相也具有互补性,这就使三相反电势的基波都得到了增强,而高次偶次谐波部分相互抵消。使得各相反电势的波形正弦对称。如图 3 所示,本发明实施例直线电机在纯永磁体 15 励磁下的 A 相反电势波形图,由图可见,反电势波形正弦对称。

[0027] 图 4 和图 5 分别是纯永磁(纯永磁体 15 励磁)和增磁(即通入增磁性质直流电励磁和永磁体 15 励磁共同作用)两种工况下的磁场分布图。图 4 中可以看到 A 相,即初级 a 模块 10a 中,永磁体 15 只在自身模块中产生磁场,很少与其他模块匝链。图 5 中可以看到 A 相,即初级 a 模块 10a 中,永磁体 15 和直流电励磁也只在自身模块中产生磁场,很少与其他模块匝链。所以,本发明各相间耦合小,相互独立,具有较高容错性能。

[0028] 综上,本发明采用切向充磁的永磁体 15,使永磁体 15 磁势方向与电枢、励磁绕组电流产生磁势方向相互并联,降低了永磁体 15 发生不可逆退磁的风险,提高了电机的可靠性。本发明充分利用电枢齿 11,使其具有导磁桥的功能,借此来提高调磁效率。没有额外在永磁体 15 的两边加入狭小的导磁桥,从根本上解决了狭小的导磁桥易于饱和的问题。本发明采用模块化的初级结构,不仅使反电势正弦对称,同时提高了电机的容错性能。

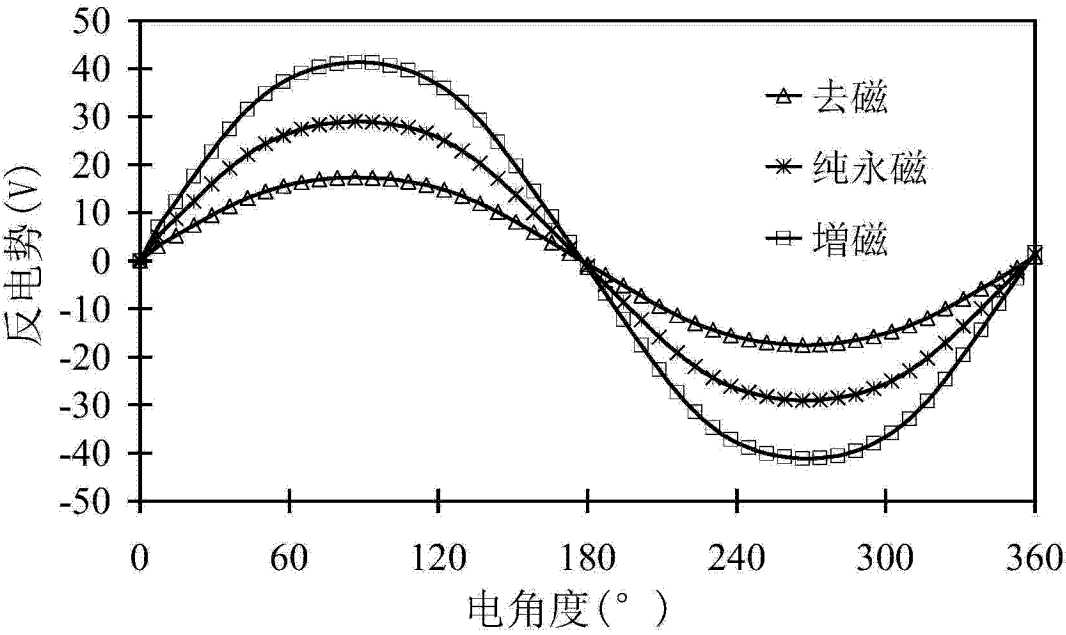


图 3

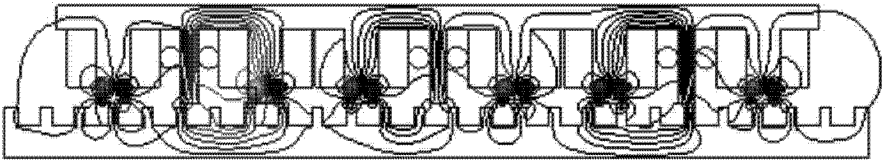


图 4

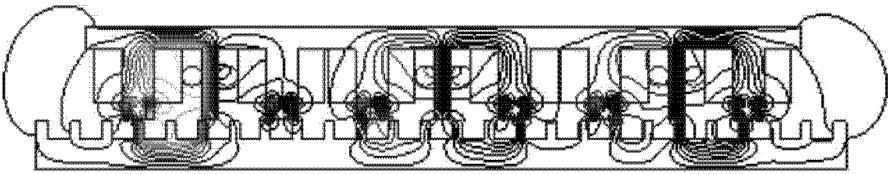


图 5