



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108880182 A

(43)申请公布日 2018.11.23

(21)申请号 201810776123.2

(22)申请日 2018.07.16

(71)申请人 华中科技大学

地址 430074 湖北省武汉市洪山区珞喻路
1037号

(72)发明人 曲荣海 石超杰 高玉婷 李大伟
周游

(74)专利代理机构 华中科技大学专利中心

42201

代理人 李智 曹葆青

(51)Int.Cl.

H02K 41/03(2006.01)

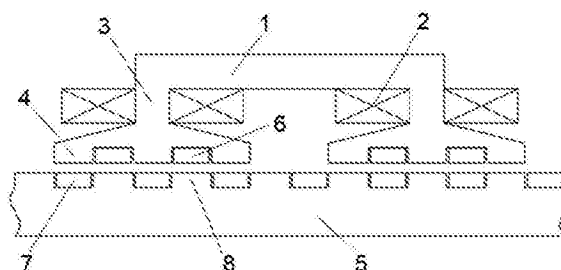
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54)发明名称

一种分裂齿模块化游标永磁直线电机

(57)摘要

本发明公开了一种分裂齿模块化游标永磁直线电机,包括:倒U形的初级铁心,其铁齿末端开有分裂齿(虚槽);绕在初级铁心上的电枢绕组;开有齿槽结构的次级铁心,其与动子铁心间隔一定的气隙设置,二者可相互移动;置于初级铁心虚槽中的永磁体和置于次级铁心槽内的永磁体,且这些永磁充磁方向相同(同为北极或同为南极)。本发明所设计的结构在电机初级、次级都放置永磁体,同时初级与次级的永磁体和铁齿互相依据磁场调制电机的原理形成工作磁密进行机电能量转换。由于双边磁场调制原理的采用,电机推力密度得到提升。同时由于电机初级中各相绕组磁路不存在耦合,削弱了直线电机各相电磁参量的不平衡,增强了电机容错性能。



1. 一种分裂齿模块化游标永磁直线电机,其特征在于,包括:初级铁心、次级铁心、电枢绕组、初级永磁体及次级永磁体;

所述初级铁心为倒U形,在所述初级铁心的大齿末端有分裂齿结构;所述电枢绕组分若干相,每相绕组环绕于单独的初级铁心上;

所述次级铁心为齿槽交替结构;所述初级永磁体放置于所述初级铁心的分裂齿间,所述次级永磁体放置于所述次级铁心槽中。

2. 根据权利要求1所述的电机,其特征在于,不同相绕组对应的不同初级铁心拥有相同的几何外形,且与次级铁心对应的位置不同,其间相隔距离与电机相数一一配合。

3. 根据权利要求2所述的电机,其特征在于,所述次级永磁磁场极对数与电枢绕组极对数满足如下关系: $P_a = |P_m \pm n_s|$,其中, P_m 为次级永磁磁场极对数, n_s 为初级铁心分裂齿数, P_a 为电枢绕组磁场极对数。

4. 根据权利要求1所述的电机,其特征在于,优选地,所述初级永磁体和所述次级永磁体拥有相同的充磁方向。

5. 根据权利要求2所述的电机,其特征在于,所述电枢绕组环绕在初级铁心的齿部或者初级铁心的轭部。

6. 根据权利要求1至5任意一项所述的电机,其特征在于,所述初级铁心为动子铁心,所述次级铁心为定子铁心;或者,所述初级铁心为定子铁心,所述次级铁心为动子铁心。

一种分裂齿模块化游标永磁直线电机

技术领域

[0001] 本发明属于永磁电机技术领域,更具体地,涉及一种分裂齿模块化游标永磁直线电机及其应用。

背景技术

[0002] 相较于旋转电机加滚珠丝杠形成直线运动的方案,采用直线电机直接产生直线运动的方案拥有更简单的结构、更高的效率和更好的稳定性。因而直线电机越来越受到需要直线运动的工业领域的青睐。在众多直线电机中,采用了永磁体和游标电机原理的游标永磁直线电机兼具永磁电机结构简单、效率高的特点和游标电机低速大转矩的特点,因此近年来倍受关注。

[0003] 专利CN105553222公开了一种无边端效应的容错永磁游标直线电机,其本质是一种初级永磁型交替极游标永磁直线电机,可以通过模块化结构消除永磁直线电机边端效应,但这种结构中永磁体产生的磁场较小,电机推力密度较小。

[0004] 专利CN106953497公开了一种高功率密度的容错永磁游标直线电机,同样是采用初级永磁型交替极的结构,但每一初级模块中采用空间极对数为2的永磁磁场与电枢绕组进行耦合。这种结构在初级放置更多的永磁体,但压缩了电枢绕组的安装空间,同时大齿间槽开口较小,将造成下线困难。

[0005] 值得注意的是,作为旋转电机时,游标电机常常表现出转矩波动很小的特点。但在直线游标永磁电机中,由于直线电机固有的边端效应,电机推力波动较大,且电枢绕组各相之间互感不相等,对电机性能造成负面影响。

发明内容

[0006] 针对现有技术的以上缺陷或改进需求,本发明提供了一种分裂齿模块化游标永磁直线电机,由此解决现有技术中存在边端效应带来负面影响及游标永磁直线电机的推力密度难以进一步增大的技术问题。

[0007] 为实现上述目的,本发明提供了一种分裂齿模块化游标永磁直线电机,包括:初级铁心、次级铁心、电枢绕组、初级永磁体及次级永磁体;

[0008] 所述初级铁心为倒U形,在所述初级铁心的大齿末端有分裂齿结构;所述电枢绕组分若干相,每相绕组环绕于单独的初级铁心上;

[0009] 所述次级铁心为齿槽交替结构;所述初级永磁体放置于所述初级铁心的分裂齿间,所述次级永磁体放置于所述次级铁心槽中。

[0010] 优选地,所述初级永磁体和所述次级永磁体拥有相同的充磁方向。

[0011] 优选地,不同相绕组对应的不同初级铁心拥有相同的几何外形,且与次级铁心对应的位置不同,其间相隔距离与电机相数一一配合。

[0012] 优选地,所述次级永磁磁场极对数与电枢绕组极对数满足如下关系: $P_a = |P_m \pm n_s|$,其中, P_m 为次级永磁磁场极对数, n_s 为初级铁心分裂齿数, P_a 为电枢绕组磁场极对数。

[0013] 优选地,所述初级铁心为转子铁心,所述次级铁心为定子铁心;或者,所述初级铁心为定子铁心,所述次级铁心为转子铁心。

[0014] 优选地,所述电枢绕组环绕在初级铁心的齿部或者初级铁心的轭部。

[0015] 总体而言,通过本发明所构思的以上技术方案与现有技术相比,能够取得下列有益效果:

[0016] (1) 本发明所提出的电机结构实现电机各相绕组、磁路独立,消除了直线电机由于三相磁路不对称引起的边端效应,同时具有较高的容错能力,即一相故障对其余相绕组的影响较小。

[0017] (2) 本发明所提出的电机结构采用模块化初级铁心,各模块所采用的铁心结构完全相同,便于生产制造。

[0018] (3) 本发明所提出的电机结构采用分裂齿的结构增强每相磁路的有效磁通,从而增强了电机电磁性能。

[0019] (4) 本发明所提出的电机结构采用初级、次级都放置永磁体的方式,相当于两个游标永磁直线电机叠加,实现了电机推力密度的提升。

附图说明

[0020] 图1(a)是本发明实施例提供的一种模块化分裂齿游标永磁直线电机的结构示意图,图1(b)为其空载磁力线分布图;

[0021] 图2(a)是本发明实施例提供的另一种分裂齿模块化游标永磁直线电机的结构示意图,图2(b)为其空载磁力线分布图;

[0022] 图3(a)是本发明实施例提供的一种模块化交替极分裂齿游标永磁直线电机的结构示意图,图3(b)为其空载磁力线分布图;

[0023] 图4是本发明实施例提供的一种可应用于本发明中的分裂齿结构;

[0024] 在所有附图中,相同的附图标记用来表示相同的元件或结构,其中:1-初级铁心轭部,2-电枢绕组,3-初级铁心大齿,4-初级铁心分裂齿,5-次级铁心,6-初级永磁体,7-次级永磁体,8-次级铁心齿(即铁磁极)。

具体实施方式

[0025] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。此外,下面所描述的本发明各个实施方式中所涉及到的技术特征只要彼此之间未构成冲突就可以相互组合。

[0026] 本发明提出一种分裂齿模块化游标永磁直线电机,本发明所提出的结构中,各相绕组分别环绕于独立的初级铁心,各相对应的初级铁心在磁路上独立,不存在耦合,因而各相绕组自感、互感基本平衡对称,消除了直线电机边端效应的影响。此外,本发明所提出的结构双边放置永磁体,同时初级铁心上的分裂齿、次级铁心铁齿又分别作为次级永磁体、初级永磁体的调制块,分别依据游标电机原理对永磁磁场进行调制,共同为有效气隙磁场做出贡献。因此,本发明不仅削弱了传统直线电机的边端效应,同时提升了游标永磁直线电机的推力密度。

[0027] 如图1所示为本发明实施例所提出的一种分裂齿模块化永磁游标直线电机的结构示意图,在图1的直线电机中,在每个模块中包含一个倒U形铁心结构。该结构左侧大齿所对应的次级永磁体充磁方向与右侧大齿所对应的次级永磁体充磁方向相反,由此形成一个永磁磁通闭合回路(次级永磁体N极-初级铁心-次级永磁体S极-次级铁心)。在倒U形初级铁心大齿的末端设置分裂齿结构,如图1中4所示,其分裂齿对应次级永磁体充磁方向相同,以此增大倒U形铁心中的磁密,从而提升电机性能。

[0028] 图2为本发明实施例提供的另一种分裂齿模块化游标永磁直线电机的结构示意图。如图2(a)所示,所提出结构主要包括初级铁心1,次级铁心5,环绕于初级铁心大齿(或轭部,图示为环绕齿部)的电枢绕组2,分别置于初级和次级的初级永磁体6和次级永磁体7。其中初级铁心1的大齿3的末端有分裂齿结构4以实现磁场调制的功能,如图2(b)所示为图2(a)所示结构的空载磁力线分布图。

[0029] 其中,初级铁心1为倒U形结构,其大齿末端有分裂齿结构4,电枢绕组2环绕于初级铁心大齿或轭部;

[0030] 次级铁心为齿槽间隔结构,其与初级铁心以预设气隙间隔设置,且两者可相对移动;

[0031] 在本发明实施例中,预设气隙的大小可以根据实际需要确定,本发明实施例不做唯一性限定。

[0032] 初级永磁体6放置于初级铁心的分裂齿间(即虚槽),次级永磁体7放置于次级铁心槽中。

[0033] 在一个可选的实施方式中,初级永磁体6和次级永磁体7拥有相同的充磁方向,同为北极或同为南极,即交替极结构,如图3所示,其中,图3(a)是本发明实施例提供的一种模块化交替极分裂齿游标永磁直线电机的结构示意图,图3(b)为图3(a)电机结构的空载磁力线分布图。

[0034] 在一个可选的实施方式中,置于电机初级与次级的永磁体可以是单一充磁方向的永磁体,也可以由若干块采用海尔贝克阵列充磁的永磁体阵列组成,具体采用何种实现方式,本发明实施例不做唯一性限定。

[0035] 在本发明实施例中,电机初级的分裂齿、次级铁齿分别可以看做次级永磁体、初级永磁体所对应的调制块。依据游标电机磁场调制的基本原理,次级永磁体和初级分裂齿组成一个游标永磁直线电机,其调制所产生的磁场极对数为1,与电枢绕组进行耦合并产生电磁能量转换;初级永磁体和次级铁齿同样组成另一个游标永磁直线电机,其调制产生的磁场极对数也为1。本发明实施例所设计电机结构中的电机气隙用于传递能量的有效磁场得到加强,电机的空载反电势、推力密度等性能得到提高。

[0036] 在一个可选的实施方式中,电枢绕组2分若干相(如三相、五相等)。每相绕组环绕于单独的初级铁心上。不同相绕组对应的不同初级铁心拥有相同的几何外形,因此该电机利于实现模块化生产制造。电机各相绕组间距(也即各电机模块间距)与电机相数一一配合(如三相电机相间距为 $(2\tau/3+2k\tau)$,五相电机相间距为 $(2\tau/5+2k\tau)$ 等, $k=1,2,3\cdots$), τ 为次级永磁体极距。

[0037] 其中,因电机结构实现每相磁路独立,易于实现多相(五相、九相等)模块化电机结构。电机所分相数越多,驱动器单相所承担功率越小,便于降低相应半导体开关管的电压、

电流要求和设计难度。

[0038] 在一个可选的实施方式中,电机两大齿间距为 $(2n_s-1+2k)\tau$,其中, n_s 为每一初级铁心大齿上分裂齿的个数, k 为任意非负整数, τ 为次级永磁体极距。

[0039] 在一个可选的实施方式中,次级永磁磁场极对数与电枢绕组极对数满足如下关系: $P_a = |P_m \pm n_s|$,其中, P_m 为次级永磁磁场极对数(即有效部分对应的永磁体极对数), n_s 为分裂齿数, P_a 为电枢绕组磁场极对数。

[0040] 在一个可选的实施方式中,初级铁心为动子铁心,相应地次级铁心为定子铁心,则该大推力分裂齿模块化游标永磁直线电机为短初级长次级结构;或者,初级铁心为定子铁心,次级铁心为动子铁心。

[0041] 在一个可选的实施方式中,电枢绕组可以环绕在初级铁心的齿部,也可以环绕在初级铁心的轭部。

[0042] 如图4所示,本发明实施例中的分裂齿数不固定为3,可以是2、3、4等任意一种分裂齿数,分裂齿数主要影响游标电机的极比进而影响电机性能。对不同裂比(直线电机次级高度与总高度之比)的电机,其最佳极比不同,因而适用的最佳分裂齿数也不同。

[0043] 本发明所提供的电机的典型应用可以包括但不限于传送系统、伺服系统、抽油机、电磁弹射装置、绘图仪、电梯、波浪能发电系统等需要大推力或高动态响应的直线运动的场合。

[0044] 本领域的技术人员容易理解,以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

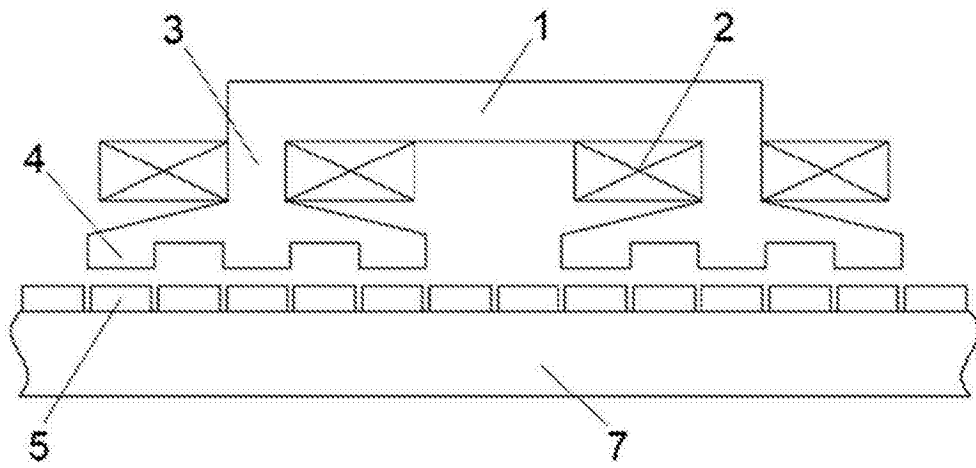


图1 (a)

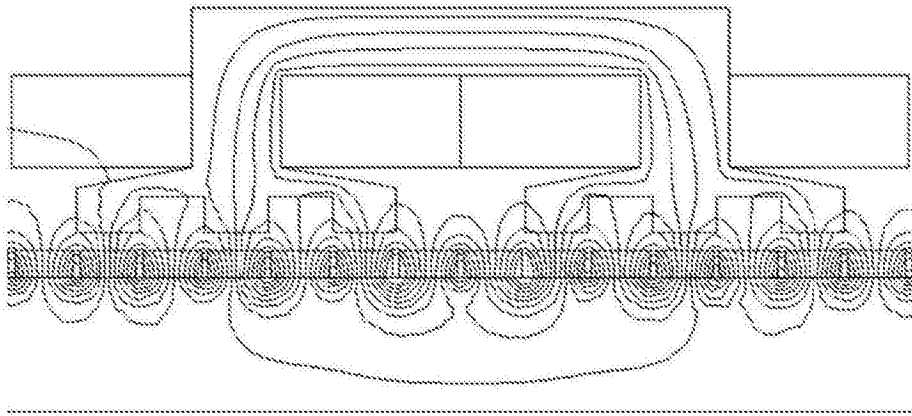


图1 (b)

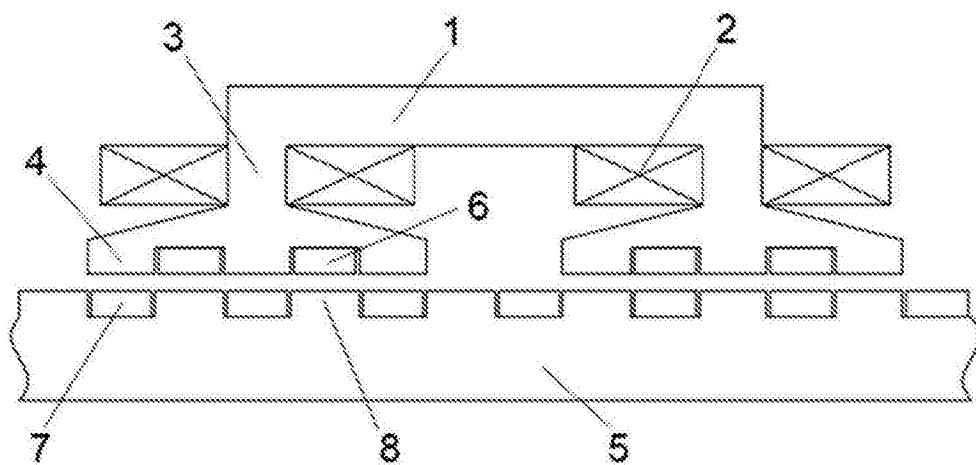


图2 (a)

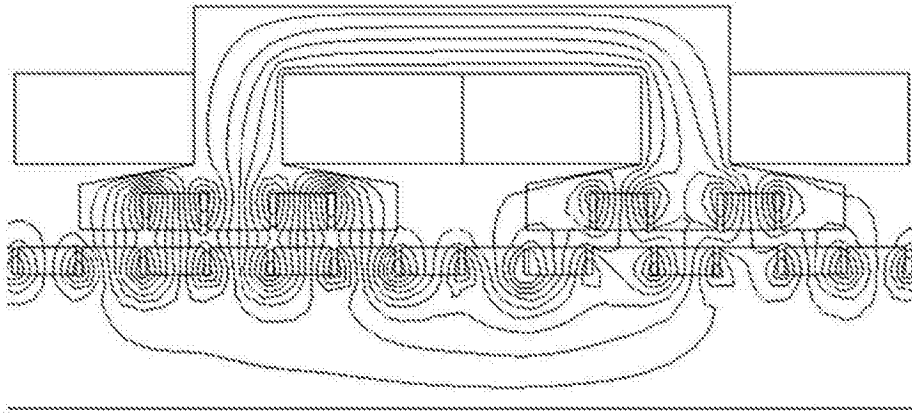


图2 (b)

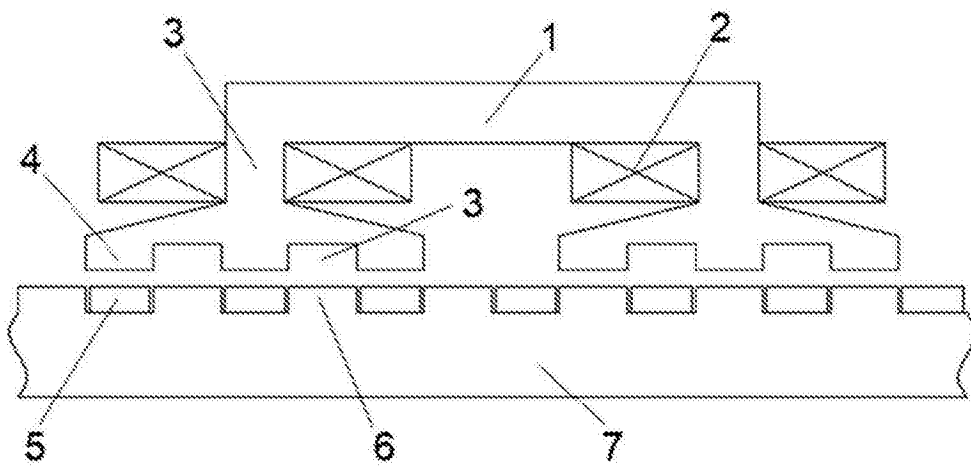


图3 (a)

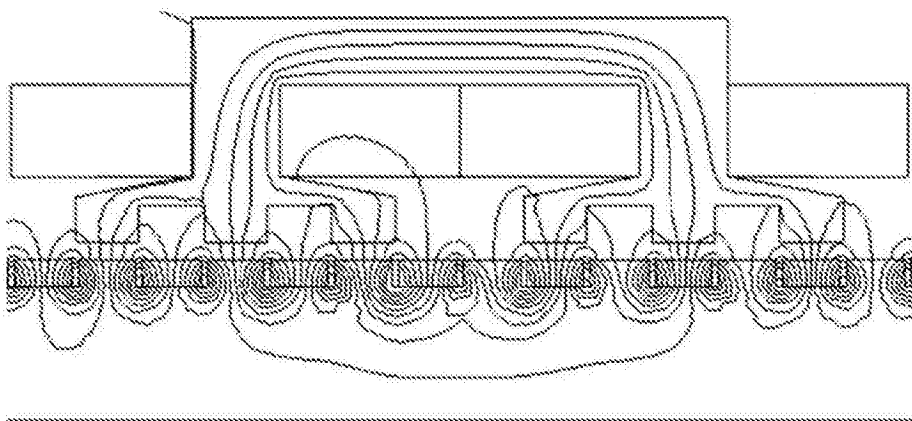


图3 (b)

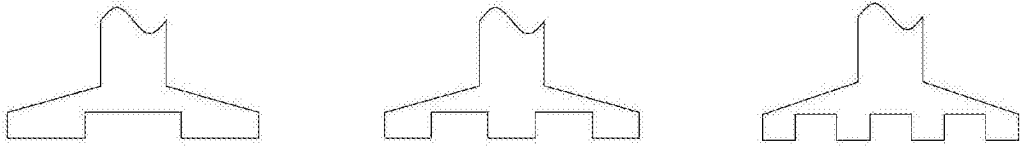


图4