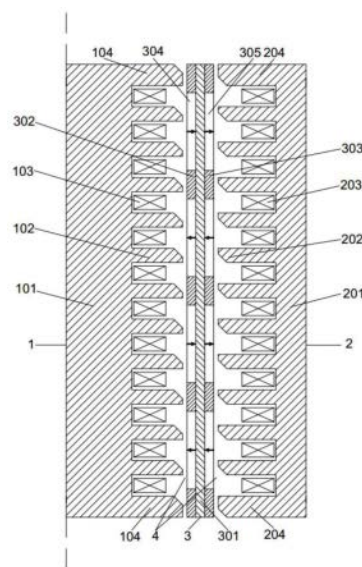




(45) 授权公告日 2024.12.03

权利要求书2页 说明书7页 附图8页

本发明公开了一种切齿型永磁直线电机,包括定子和动子,所述定子与所述动子之间设有气隙;所述定子包括铁心,所述铁心上设有若干定子齿,相邻所述定子齿之间设有电枢绕组,所述电枢绕组紧固于所述铁心外侧;所述定子齿的边沿设有切齿结构;所述定子齿的边沿平行于所述气隙方向的宽度小于所述定子齿中间段的宽度。本发明通过对永磁直线电机的结构进行改进,改变电机定子齿端部形状,在电机定子齿端部形成切齿结构,这种切齿型结构设计适用于双边永磁直线电机以及单边永磁直线电机,使双边电机的内外定子或单边电机的定子两端产生的齿槽力波形错位,二者波形互补,从而达到削弱齿槽力波动的效果,大大提高了永磁直线电机的可控性和效率。



1. 一种切齿型永磁直线电机,其特征在于,包括定子和动子,所述定子与所述动子之间设有气隙;

所述定子包括铁心,所述铁心上设有若干定子齿,相邻所述定子齿之间设有电枢绕组,所述电枢绕组紧固于所述铁心外侧;

所述定子齿的边沿设有切齿结构;

所述定子齿的边沿平行于所述气隙方向的宽度小于所述定子齿中间段的宽度;

所述切齿型永磁直线电机为切齿型双边永磁直线电机;

所述切齿型双边永磁直线电机的定子为内、外双层结构,由内部定子和外部定子组成;所述内部定子的铁心上设有若干内层定子齿,所述外部定子的铁心上设有若干外层定子齿,所述内层定子齿和所述外层定子齿的边沿均设有切齿结构;

所述内层定子齿和所述外层定子齿上的切齿结构的方向相反;

所述内层定子齿端部为矩形切除一个三角形结构的上角形成,所述内层定子齿端部呈直角梯形结构,所述内层定子齿端部的边沿平行于气隙方向的宽度小于所述内层定子齿中间段的宽度;

所述外层定子齿端部为矩形切除一个三角形结构的下角形成,切除后的齿端部呈直角梯形结构;所述外层定子齿端部的边沿平行于气隙方向的宽度小于所述外层定子齿中间段的宽度;

设所述三角形平行于所述气隙方向的直角边长度为 b ,设所述定子齿中间段的宽度为 s ,则 $0 < b < 0.7s$ 。

2. 如权利要求1所述的切齿型永磁直线电机,其特征在于,所述切齿结构为三角形切齿结构,或其它多边形切齿结构。

3. 如权利要求1所述的切齿型永磁直线电机,其特征在于,所述内层定子齿端部为矩形切除一个三角形结构的下角形成,切除后的齿端部呈直角梯形结构;所述内层定子齿端部的边沿平行于气隙方向的宽度小于所述内层定子齿中间段的宽度;

所述外层定子齿端部为矩形切除一个三角形结构的上角形成,切除后的齿端部呈直角梯形结构;所述外层定子齿端部的边沿平行于气隙方向的宽度小于所述外层定子齿中间段的宽度;

设所述三角形平行于所述气隙方向的直角边长度为 b ,设所述定子齿中间段的宽度为 s ,则 $0 < b < 0.7s$ 。

4. 如权利要求1所述的切齿型永磁直线电机,其特征在于,所述切齿型双边永磁直线电机,通过在内层定子齿和外层定子齿的边沿设置方向相反的切齿结构,使内部定子和外部定子产生的齿槽力波形错位,两者波形互补,从而达到削弱齿槽力波动的效果。

5. 一种切齿型永磁直线电机,其特征在于,包括定子和动子,所述定子与所述动子之间设有气隙;

所述定子包括铁心,所述铁心上设有若干定子齿,相邻所述定子齿之间设有电枢绕组,所述电枢绕组紧固于所述铁心外侧;

所述定子齿的边沿设有切齿结构;

所述定子齿的边沿平行于所述气隙方向的宽度小于所述定子齿中间段的宽度;

所述切齿型永磁直线电机为切齿型单边永磁直线电机;

所述切齿型单边圆筒永磁直线电机的定子为单层结构,所述定子的铁心上设有 m 个定子齿, m 为正整数;由铁心一端到另一端的定子齿按序号1、2、3…… m 排列,将第 $(m+1)/2$ 个定子齿定义为中间齿,将第1至第 $(m-1)/2$ 个定子齿定义为第一组定子齿,将第 $(m+3)/2$ 至第 m 个定子齿定义为第二组定子齿;

所述第一组定子齿和所述第二组定子齿的边沿均设有切齿结构,且所述第一组定子齿和所述第二组定子齿上的切齿结构的方向相反;

所述第一组定子齿端部为矩形切除一个三角形结构的上角形成,所述第一组定子齿端部呈直角梯形结构,所述第一组定子齿端部的边沿平行于气隙方向的宽度小于对应的定子齿中间段的宽度;

所述第二组定子齿端部为矩形切除一个三角形结构的下角形成,切除后的齿端部呈直角梯形结构;所述第二组定子齿端部的边沿平行于气隙方向的宽度小于对应的定子齿中间段的宽度;

设所述三角形平行于所述气隙方向的直角边长度为 b ,设所述定子齿中间段的宽度为 s ,则 $0 < b < 0.7s$ 。

6. 如权利要求5所述的切齿型永磁直线电机,其特征在于,所述第一组定子齿端部为矩形切除一个三角形结构的下角形成,所述第一组定子齿端部呈直角梯形结构,所述第一组定子齿端部的边沿平行于气隙方向的宽度小于对应的定子齿中间段的宽度;

所述第二组定子齿端部为矩形切除一个三角形结构的下角形成,切除后的齿端部呈直角梯形结构;所述第二组定子齿端部的边沿平行于气隙方向的宽度小于对应的定子齿中间段的宽度;

设所述三角形平行于所述气隙方向的直角边长度为 b ,设所述定子齿中间段的宽度为 s ,则 $0 < b < 0.7s$ 。

7. 如权利要求5所述的切齿型永磁直线电机,其特征在于,所述切齿型单边永磁直线电机,通过在第一组定子齿和第二组定子齿的边沿设置方向相反的切齿结构,使定子两端产生的齿槽力波形错位,两者波形互补,从而达到削弱齿槽力波动的效果。

一种切齿型永磁直线电机

技术领域

[0001] 本发明属于永磁直线电机技术领域,尤其涉及一种切齿型永磁直线电机。

背景技术

[0002] 直线电机是一种将电能直接转换成直线运动机械能,而不需要任何中间转换机构的传动装置。它可以看成是一台旋转电机按径向剖开,并展成平面而成。

[0003] 直线电机可实现工业自动化系统中的直线驱动,取消了传统滚珠、丝杠等传动机构,直接实现直线驱动,具有结构精简、响应速度快且精度高的优势。

[0004] 永磁直线电机是直线电机的一大类型,采用永磁体取代励磁磁极,可简化结构,减少用铜量,减小电机的体积和重量。采用高磁能积、高剩磁、强矫顽力的钕铁硼磁铁或稀土永磁材料的永磁同步直线电动机具有高可靠性和高效率的优点,在推力、速度、定位精度等方面比感应直线电动机和步进直线电动机等具有更大的优势。同时,相比于一般的永磁直线电机,双边永磁直线电机具有更高的功率密度和空间利用率。

[0005] 但本申请发明人在实现本申请实施例中发明技术方案的过程中,发现现有的双边永磁直线电机至少存在如下技术问题:

[0006] 实践中,永磁直线电机较大的推力波动会导致电机可控性差、效率低。本申请发明人研究发现,由齿槽效应引起的齿槽力是导致推力波动的主要原因之一。

[0007] 因此,如何克服上述技术问题,削弱电机齿槽力波动,提高永磁直线电机的可控性和效率,是目前急需解决的问题。

发明内容

[0008] 本申请实施例通过提供一种切齿型永磁直线电机,解决了现有技术中永磁直线电机较大的推力波动会导致电机可控性差、效率低的技术问题,通过提供一种新的切齿型结构的永磁直线电机,可以大大削弱电机齿槽力波动,提高永磁直线电机的可控性和效率。

[0009] 本申请实施例提供了一种切齿型永磁直线电机,包括定子和动子,所述定子与所述动子之间设有气隙;

[0010] 所述定子包括铁心,所述铁心上设有若干定子齿,相邻所述定子齿之间设有电枢绕组,所述电枢绕组紧固于所述铁心外侧;

[0011] 所述定子齿的边沿设有切齿结构;

[0012] 所述定子齿的边沿平行于所述气隙方向的宽度小于所述定子齿中间段的宽度。

[0013] 优选地,所述定子齿的边沿平行于所述气隙方向的宽度大于等于所述定子齿中间段的宽度的1/3。

[0014] 优选地,所述切齿结构为三角形切齿结构,或其它多边形切齿结构。

[0015] 优选地,所述切齿型永磁直线电机为切齿型双边永磁直线电机;

[0016] 所述切齿型双边永磁直线电机的定子为内、外双层结构,由内部定子和外部定子组成;所述内部定子的铁心上设有若干内层定子齿,所述外部定子的铁心上设有若干外层

定子齿,所述内层定子齿和所述外层定子齿的边沿均设有切齿结构;

[0017] 所述内层定子齿和所述外层定子齿上的切齿结构的方向相反。

[0018] 更优选地,所述内层定子齿端部为矩形切除一个三角形结构的上角形成,所述内层定子齿端部呈直角梯形结构,所述内层定子齿端部的边沿平行于气隙方向的宽度小于所述内层定子齿中间段的宽度;

[0019] 所述外层定子齿端部为矩形切除一个三角形结构的下角形成,切除后的齿端部呈直角梯形结构;所述外层定子齿端部的边沿平行于气隙方向的宽度小于所述外层定子齿中间段的宽度;

[0020] 设所述三角形平行于所述气隙方向的直角边长度为 b ,设所述定子齿中间段的宽度为 s ,则 $0 < b < 0.7s$ 。

[0021] 更优选地,所述内层定子齿端部为矩形切除一个三角形结构的下角形成,切除后的齿端部呈直角梯形结构;所述内层定子齿端部的边沿平行于气隙方向的宽度小于所述内层定子齿中间段的宽度;

[0022] 所述外层定子齿端部为矩形切除一个三角形结构的上角形成,切除后的齿端部呈直角梯形结构;所述外层定子齿端部的边沿平行于气隙方向的宽度小于所述外层定子齿中间段的宽度;

[0023] 设所述三角形平行于所述气隙方向的直角边长度为 b ,设所述定子齿中间段的宽度为 s ,则 $0 < b < 0.7s$ 。

[0024] 优选地,所述切齿型双边永磁直线电机,通过在内层定子齿和外层定子齿的边沿设置方向相反的切齿结构,使内部定子和外部定子产生的齿槽力波形错位,两者波形互补,从而达到削弱齿槽力波动的效果。

[0025] 优选地,所述切齿型永磁直线电机为切齿型单边永磁直线电机;

[0026] 所述切齿型单边圆筒永磁直线电机的定子为单层结构,所述定子的铁心上设有 m 个定子齿, m 为正整数;由铁心一端到另一端的定子齿按序号1、2、3…… m 排列,将第 $(m+1)/2$ 个定子齿定义为中间齿,将第1至第 $(m-1)/2$ 个定子齿定义为第一组定子齿,将第 $(m+3)/2$ 至第 m 个定子齿定义为第二组定子齿;

[0027] 所述第一组定子齿和所述第二组定子齿的边沿均设有切齿结构,且所述第一组定子齿和所述第二组定子齿上的切齿结构的方向相反。

[0028] 更优选地,所述第一组定子齿端部为矩形切除一个三角形结构的上角形成,所述第一组定子齿端部呈直角梯形结构,所述第一组定子齿端部的边沿平行于气隙方向的宽度小于对应的定子齿中间段的宽度;

[0029] 所述第二组定子齿端部为矩形切除一个三角形结构的下角形成,切除后的齿端部呈直角梯形结构;所述第二组定子齿端部的边沿平行于气隙方向的宽度小于对应的定子齿中间段的宽度;

[0030] 设所述三角形平行于所述气隙方向的直角边长度为 b ,设所述定子齿中间段的宽度为 s ,则 $0 < b < 0.7s$ 。

[0031] 更优选地,所述第一组定子齿端部为矩形切除一个三角形结构的下角形成,所述第一组定子齿端部呈直角梯形结构,所述第一组定子齿端部的边沿平行于气隙方向的宽度小于对应的定子齿中间段的宽度;

[0032] 所述第二组定子齿端部为矩形切除一个三角形结构的上角形成,切除后的齿端部呈直角梯形结构;所述第二组定子齿端部的边沿平行于气隙方向的宽度小于对应的定子齿中间段的宽度;

[0033] 设所述三角形平行于所述气隙方向的直角边长度为 b ,设所述定子齿中间段的宽度为 s ,则 $0 < b < 0.7s$ 。

[0034] 优选地,所述切齿型单边永磁直线电机,通过在第一组定子齿和第二组定子齿的边沿设置方向相反的切齿结构,使定子两端产生的齿槽力波形错位,两者波形互补,从而达到削弱齿槽力波动的效果。

[0035] 本申请实施例中提供的一个或多个技术方案,至少具有如下技术效果或优点:

[0036] 1、对永磁直线电机的结构进行改进,改变电机定子齿端部形状,在电机定子齿端部形成切齿结构,可以达到削弱齿槽力波动的效果。这种切齿型结构设计适用于双边永磁直线电机以及单边永磁直线电机。

[0037] 2、针对双边永磁直线电机,通过改变电机内层定子齿和外层定子齿的形状使内部定子和外部定子产生的齿槽力波形错位,两者波形互补,从而达到削弱齿槽力波动的效果。

[0038] 3、针对单边永磁直线电机,通过分别改变电机上组和下组定子齿端部形状来使电机内部齿槽力波形错位,两者波形高度互补,从而达到削弱齿槽力波动的效果。

[0039] 4、对齿端部的宽度进行了合理设计,避免因齿端部过细导致电机产生严重的齿饱和效应、增加电机推力波动。

[0040] 5、装置结构简单,成本低,具有明显的削弱齿槽力波动的效果,大大提高了永磁直线电机的可控性和效率,适于大范围推广使用。

附图说明

[0041] 图1为本申请实施例一中提供的切齿型双边圆筒永磁直线电机的总体结构截面图;

[0042] 图2为本申请实施例一中提供的切齿型双边圆筒永磁直线电机和常规双边圆筒永磁直线电机的定子截面对比图;(a)切齿型;(b)常规型;

[0043] 图3为本申请实施例一中提供的切齿型双边圆筒永磁直线电机和常规双边圆筒永磁直线电机的仿真后齿槽力波形对比示意图;

[0044] 图4为本申请实施例二中提供的切齿型双边圆筒永磁直线电机的总体结构截面图;

[0045] 图5为本申请实施例二中提供的切齿型双边圆筒永磁直线电机和常规双边圆筒永磁直线电机的定子截面对比图;(a)切齿型;(b)常规型;

[0046] 图6为本申请实施例二中提供的切齿型双边圆筒永磁直线电机和常规双边圆筒永磁直线电机的仿真后齿槽力波形对比示意图;

[0047] 图7为本申请实施例三中提供的切齿型单边圆筒永磁直线电机的总体结构截面图;

[0048] 图8为本申请实施例三中提供的切齿型单边圆筒永磁直线电机和常规单边圆筒永磁直线电机的定子截面对比图;(a)切齿型;(b)常规型;

[0049] 图9为本申请实施例三中提供的切齿型单边圆筒永磁直线电机和常规单边圆筒永

磁直线电机的仿真后齿槽力波形对比示意图；

[0050] 图10为本申请实施例四中提供的切齿型单边圆筒永磁直线电机的总体结构截面图；

[0051] 图11为本申请实施例四中提供的切齿型单边圆筒永磁直线电机和常规单边圆筒永磁直线电机的定子截面对比图；(a) 切齿型；(b) 常规型；

[0052] 图12为本申请实施例四中提供的切齿型单边圆筒永磁直线电机和常规单边圆筒永磁直线电机的仿真后齿槽力波形对比示意图。

具体实施方式

[0053] 本申请实施例通过提供一种切齿型永磁直线电机,解决了现有技术中永磁直线电机较大的推力波动会导致电机可控性差、效率低的技术问题。

[0054] 本申请实施例中的技术方案为解决上述串扰的问题,总体思路如下:

[0055] 由齿槽效应引起的齿槽力是导致推力波动的主要原因之一。

[0056] 如果能削弱电机齿槽力波动,则可以解决上述问题,以提高永磁直线电机的可控性和效率。

[0057] 对永磁直线电机的结构进行改进,改变电机定子齿端部形状,在电机定子齿端部形成切齿结构。这种切齿型结构设计适用于双边永磁直线电机以及单边永磁直线电机。

[0058] 针对双边永磁直线电机,通过在内层定子齿和外层定子齿的边沿设置方向相反的切齿结构,使内部定子和外部定子产生的齿槽力波形错位,两者波形互补,从而达到削弱齿槽力波动的效果。

[0059] 针对单边永磁直线电机,通过在上、下两组定子齿的边沿设置方向相反的切齿结构,使定子两端产生的齿槽力波形错位,两者波形互补,从而达到削弱齿槽力波动的效果。

[0060] 另外要注意,切除的部分不要太宽,避免因齿端部过细导致电机产生严重的齿饱和效应、增加电机推力波动。确保定子齿的边沿平行于所述气隙方向的宽度大于等于所述定子齿中间段的宽度的1/3。

[0061] 为了更好的理解上述技术方案,下面将结合说明书附图以及具体的实施方式对上述技术方案进行详细的说明。

[0062] 实施例一

[0063] 切齿型双边永磁直线电机,具体可以分为切齿型双边圆筒永磁直线电机和切齿型双边平板永磁直线电机,本实施例以一种切齿型双边圆筒永磁直线电机为原型。

[0064] 图1为本申请实施例中提供的切齿型双边圆筒永磁直线电机的总体结构截面图,所述的切齿型双边圆筒永磁直线电机主要包括内部定子1、外部定子2、动子3和气隙4。

[0065] 所述的切齿型双边圆筒永磁直线电机的初级分为内、外双层结构,由内部定子1和外部定子2组成。动子3设于内部定子1和外部定子2之间,且内部定子1和外部定子2到动子3的距离相等,动子3相对于内部定子1和外部定子2轴向往返运动。内部定子1与动子3之间、外部定子2与动子3之间均设有气隙4。

[0066] 内部定子1包括内层初级铁心101、内层定子齿102、内层端部齿104和内层电枢绕组103。内层初级铁心101位于电机的最内侧,为管式结构。内层初级铁心101外周等距设置有内层定子齿102,端部的内层定子齿定义为内层端部齿104。内层端部齿104宽度设定为内

层定子齿102宽度的1.5倍。

[0067] 相邻内层定子齿102之间,以及内层端部齿104与相邻的内层定子齿102之间,设置有内层电枢绕组103,内层电枢绕组103紧紧固定在内层初级铁心101外侧。

[0068] 外部定子2包括外层初级铁心201、外层定子齿202、外层端部齿204和外层电枢绕组203。外层初级铁心201位于电机的最外侧,亦为管式结构。外层初级铁心201内周等距设置有外层定子齿202,端部的外层定子齿定义为外层端部齿204。外层端部齿204的宽度设定为外层定子齿202宽度的1.5倍。

[0069] 相邻外层定子齿202之间,以及外层端部齿204与相邻的外层定子齿202之间,设置有外层电枢绕组203,外层电枢绕组203紧紧固定在外层初级铁心201外侧。

[0070] 内层定子齿102与外层定子齿202相对设置,内层端部齿104与外层端部齿204相对设置,内层电枢绕组103和外层电枢绕组203串联。

[0071] 内层初级铁心101和外层初级铁心201均由硅钢片组成。

[0072] 内层定子齿102、内层端部齿104、外层定子齿202和外层端部齿204均为切齿结构。

[0073] 作为一种可选的实施例,切齿型双边圆筒永磁直线电机采用整数槽、集中绕组。

[0074] 在一种可选的实施例中,电机为12槽、13齿、4极电机,切齿为三角形切齿,设三角形垂直于气隙方向的直角边长度为a,平行于气隙方向的直角边长度为b。

[0075] 作为一种可选的实施例,内层定子齿102端部上侧采用三角形切除方法,使切除后的齿端部呈直角梯形结构,对应的,外层定子齿202端部下侧采用三角形切除方法,使齿端部呈直角梯形结构,切除后的齿端部宽度小于未被切除的齿中间段宽度。

[0076] 所述三角形边长b须略小于平均齿宽,避免因齿端部过细导致电机产生严重的齿饱和效应、增加电机推力波动。

[0077] 设齿中间段宽度为s,三角形边长 $a=0.625*s$,边长b须略小于平均齿宽,避免因齿端过细而使电机产生严重的齿饱和效应,从而影响电机推力稳定性,本实施例取 $b=0.625*s$ 。

[0078] 动子主要包括磁轭301、内层隔磁环302、外层隔磁环303、内层永磁体304和外层永磁体305。内层隔磁环302和内层永磁体304均设置于磁轭301内侧,内层隔磁环302与内层永磁体304间隔设置。外层隔磁环303和外层永磁体305均设置于磁轭301外侧,外层隔磁环303与外层永磁体305间隔设置。且内层隔磁环302与外层隔磁环303在磁轭301两侧对应设置,内层永磁体304与外层永磁体305在磁轭301两侧对应设置。

[0079] 内层永磁体304和外层永磁体305均为径向充磁,磁轭301两侧对应位置永磁体充磁方向相同。内层永磁体304由内层隔磁环302固定,内层隔磁环302上侧和下侧的内层永磁体304的充磁方向相反。外层永磁体305由外层隔磁环303固定,外层隔磁环303上侧和下侧的外层永磁体305充磁方向相反。

[0080] 图2为本申请实施例中提供的切齿型双边圆筒永磁直线电机和常规双边圆筒永磁直线电机的定子截面对比图。图3为本申请实施例中提供的切齿型双边圆筒永磁直线电机和常规双边圆筒永磁直线电机的仿真后齿槽力波形对比示意图。

[0081] 从图3中可以看出,本实施例提供的切齿型双边圆筒永磁直线电机产生的齿槽力波动与常规双边圆筒永磁直线电机相比,齿槽力波动有大幅度削弱。

[0082] 实施例二

[0083] 图4为本申请实施例中提供的切齿型双边圆筒永磁直线电机的总体结构截面图;本实施例与实施例一基本相同,其区别仅在于:

[0084] 内层定子齿102端部下侧采用三角形切除方法,使齿端部呈直角梯形结构,对应的外层定子齿202端部上侧采用三角形切除方法,使齿端部呈直角梯形结构,切除后的齿端部宽度小于未被切除的齿中间段宽度。

[0085] 电机为12槽、13齿、4极电机,切齿为三角形切齿,设三角形垂直于气隙方向的直角边长度为 a ,平行于气隙方向的直角边长度为 b 。

[0086] 所述三角形边长 b 须略小于平均齿宽,避免因齿端部过细导致电机产生严重的齿饱和效应、增加电机推力波动。

[0087] 设所述平均齿宽为 s ,三角形边长 $a=0.3*s$,边长 b 须略小于平均齿宽,避免因齿端部过细而使电机产生严重的齿饱和效应,从而影响电机推力稳定性,本实施例取 $b=0.3*s$ 。

[0088] 图5为本申请实施例中提供的切齿型双边圆筒永磁直线电机和常规双边圆筒永磁直线电机的定子截面对比图;图6为本申请实施例中提供的切齿型双边圆筒永磁直线电机和常规双边圆筒永磁直线电机的仿真后齿槽力波形对比示意图。

[0089] 从图6中可以看出,本实施例提供的切齿型双边圆筒永磁直线电机产生的齿槽力波动与常规双边圆筒永磁直线电机相比,齿槽力波动有大幅度削弱。

[0090] 作为一种可选的实施例,可将上述三角形切齿方法类比到多边形切齿,均会达到一定削弱齿槽力波动的效果。

[0091] 实施例三

[0092] 切齿型单边永磁直线电机,具体可以分为切齿型单边圆筒永磁直线电机和切齿型单边平板永磁直线电机,本实施例以一种切齿型单边圆筒永磁直线电机为原型。

[0093] 图7为本申请实施例中提供的切齿型单边圆筒永磁直线电机的总体结构截面图,所述的切齿型单边圆筒永磁直线电机包括一层定子5、动子6和气隙7。

[0094] 动子6设置于定子5外侧,动子6和定子5之间设有气隙7。

[0095] 动子6包括一层永磁体603、一层隔磁环602和磁轭601。所述磁轭601上只有对应所述定子5的一侧设有永磁体603和隔磁环602,永磁体603和隔磁环602间隔设置。

[0096] 设所述定子5上设有 m 个齿, m 为正整数。从上至下,将第 $(m+1)/2$ 个齿定义为中间齿503,将第1至第 $(m-1)/2$ 个齿定义为上组定子齿502,将第 $(m+3)/2$ 至第 m 个齿定义为下组定子齿501。

[0097] 对上组定子齿502和下组定子齿501分别采用三角形切齿结构,设三角形垂直于气隙方向的直角边长度为 a ,平行于气隙方向的直角边长度为 b 。

[0098] 在一种可选的实施例中,上组定子齿502端部上侧采用三角形切除方法,使齿端部呈直角梯形结构,下组定子齿501端部下侧采用三角形切除方法,使齿端部呈直角梯形结构,切除后的齿端部宽度小于未被切除的齿中间段宽度。

[0099] 设平均齿宽为 s ,三角形边长 $a=0.625*s$,边长 b 须略小于平均齿宽,避免因齿端部过细导致电机产生严重的齿饱和效应、增加电机推力波动,本实施例取 $b=0.625*s$ 。

[0100] 图8为本申请实施例中提供的切齿型单边圆筒永磁直线电机和常规单边圆筒永磁直线电机的定子截面对比图;图9为本申请实施例中提供的切齿型单边圆筒永磁直线电机和常规单边圆筒永磁直线电机的仿真后齿槽力波形对比示意图。

[0101] 从图9中可以看出,通过切齿型单边圆筒永磁直线电机和常规单边圆筒永磁直线电机齿槽力波动的对比,切齿型单边圆筒永磁直线电机的齿槽力波动有大幅度削弱。

[0102] 实施例四

[0103] 图10为本申请实施例中提供的切齿型单边圆筒永磁直线电机的总体结构截面图,本实施例与实施例三基本相同,其区别仅在于:

[0104] 上组定子齿502端部的下侧采用三角形切除方法,使齿端部呈直角梯形结构,下组定子齿501端部的上侧采用三角形切除方法,使齿端部呈直角梯形结构,,切除后的齿端部宽度小于未被切除的齿中间段宽度。

[0105] 设平均齿宽为 s ,三角形边长 $a=0.5*s$,边长 b 须略小于平均齿宽,避免因齿端部过细导致电机产生严重的齿饱和效应、增加电机推力波动,本实施例取 $b=0.5*s$ 。

[0106] 图11为本申请实施例中提供的切齿型单边圆筒永磁直线电机和常规单边圆筒永磁直线电机的定子截面对比图;图12为本申请实施例中提供的切齿型单边圆筒永磁直线电机和常规单边圆筒永磁直线电机的仿真后齿槽力波形对比示意图。

[0107] 从图12中可以看出,通过切齿型单边圆筒永磁直线电机和常规单边圆筒永磁直线电机齿槽力波动的对比,切齿型单边圆筒永磁直线电机的齿槽力波动有大幅度削弱。

[0108] 在一种可选的实施例中,切齿型单边永磁直线电机的切齿方法可将三角形切齿类比到多边形切齿,均会达到一定削弱齿槽力波动的效果。

[0109] 应当理解的是,虽然在这里可能使用量术语“第一”、“第二”等等来描述各个单元,但是这些单元不应当受这些术语限制。使用这些术语仅仅是为了将一个单元与另一个单元进行区分。举例来说,在不背离示例性实施例的范围的情况下,第一单元可以被称为第二单元,并且类似地第二单元可以被称为第一单元。

[0110] 在本说明书中提到或者可能提到的上、下、左、右、前、后、正面、背面、顶部、底部等方位用语是相对于各附图中所示的构造进行定义的,它们是相对的概念,因此有可能会根据其所处不同位置、不同使用状态而进行相应地变化。所以,也不应当将这些或者其他的方位用语解释为限制性用语。

[0111] 以上所述,仅为本申请的较佳实施例,并非对本申请任何形式上和实质上的限制,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员,在不脱离本申请方法的前提下,还将可以做出若干改进和补充,这些改进和补充也应视为本申请的保护范围。凡熟悉本专业的技术人员,在不脱离本申请的精神和范围的情况下,当可利用以上所揭示的技术内容而做出的些许更动、修饰与演变的等同变化,均为本申请的等效实施例;同时,凡依据本申请的实质技术对上述实施例所作的任何等同变化的更动、修饰与演变,均仍属于本申请的技术方案的范围内。

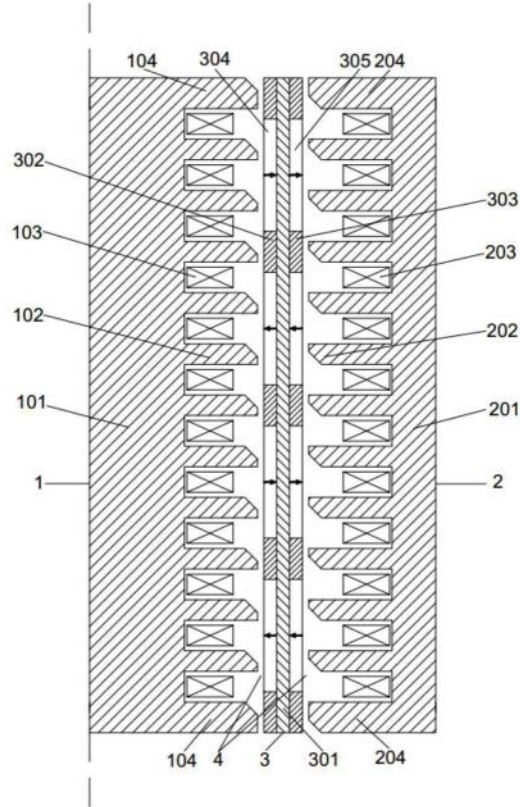


图1

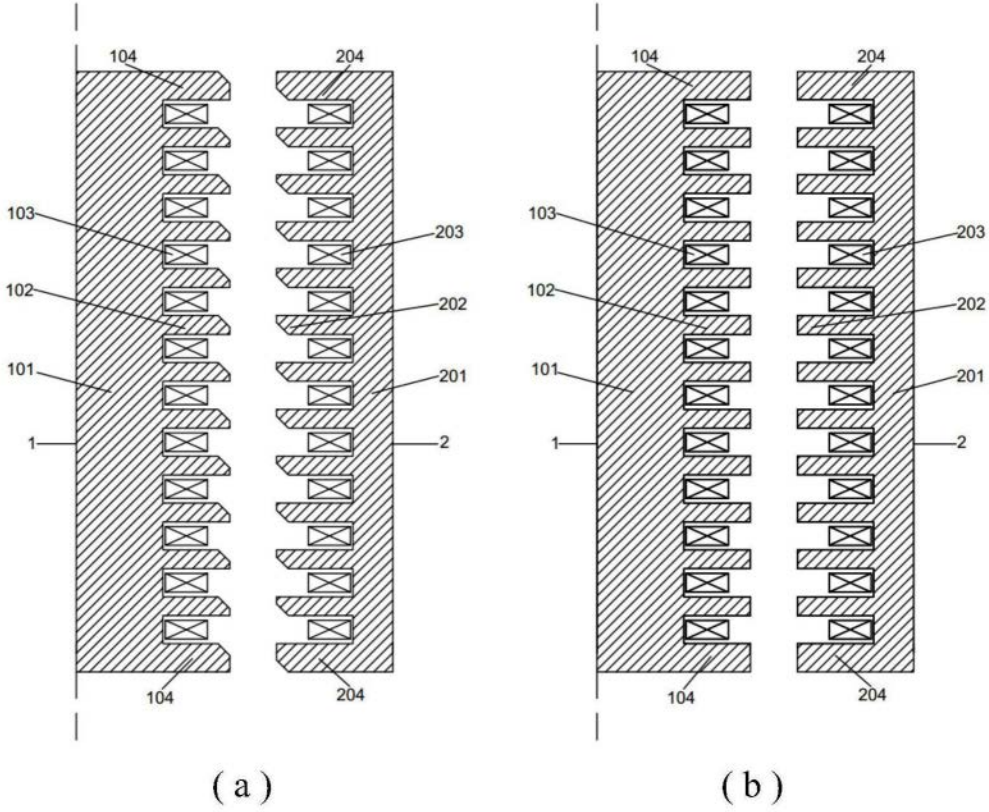


图2

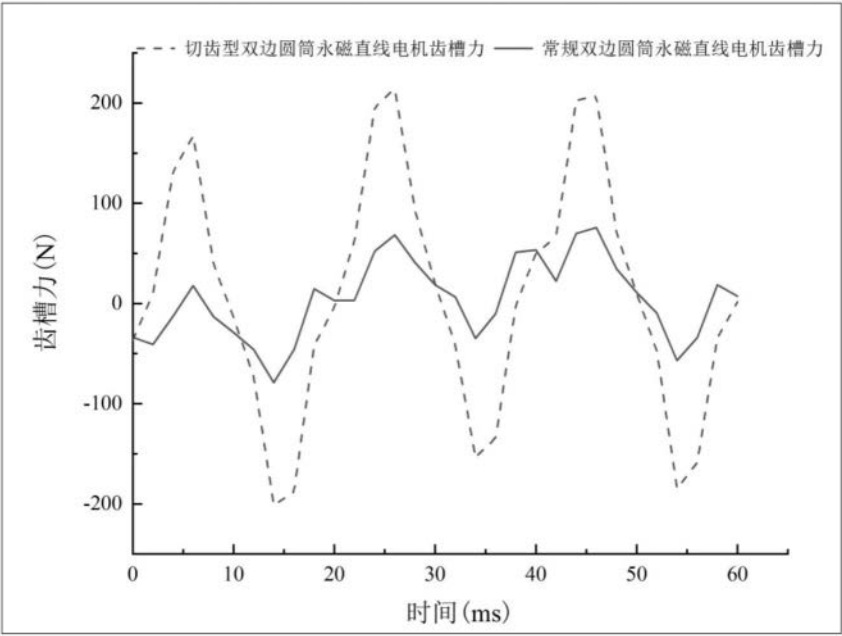


图3

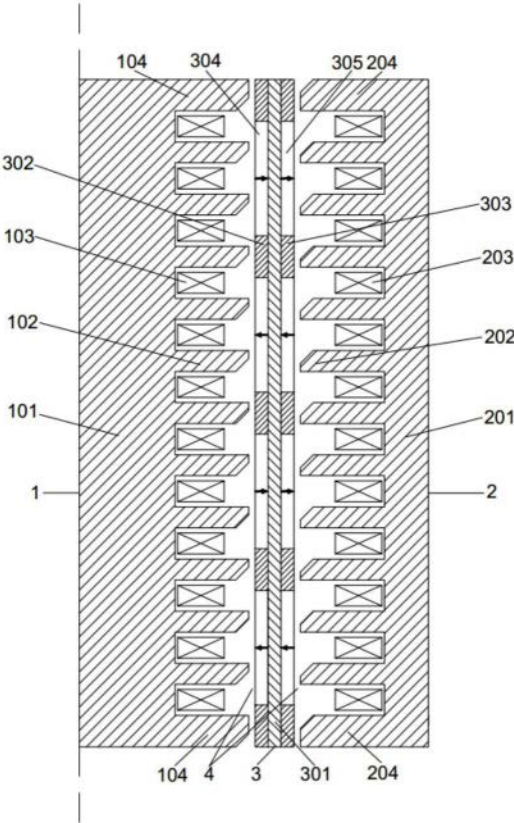


图4

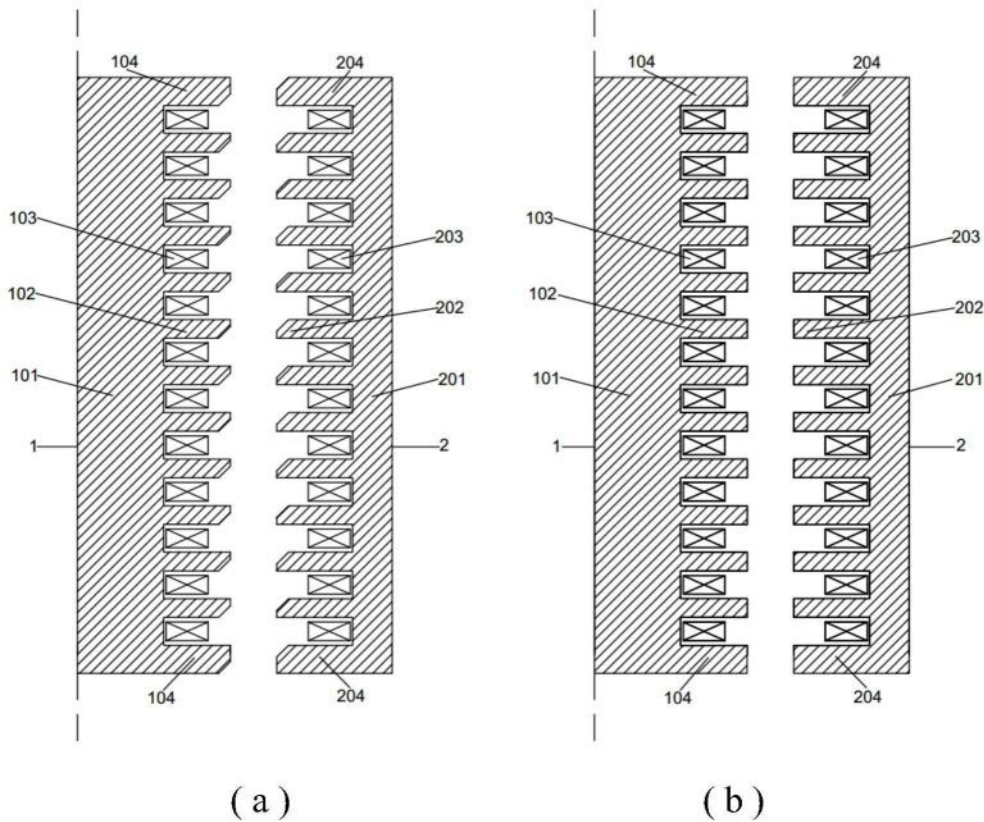


图5

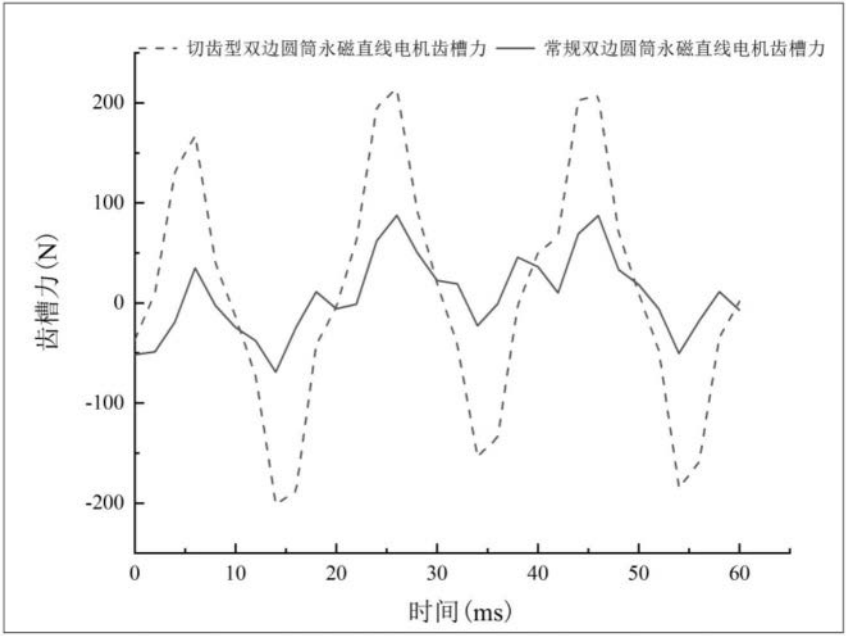


图6

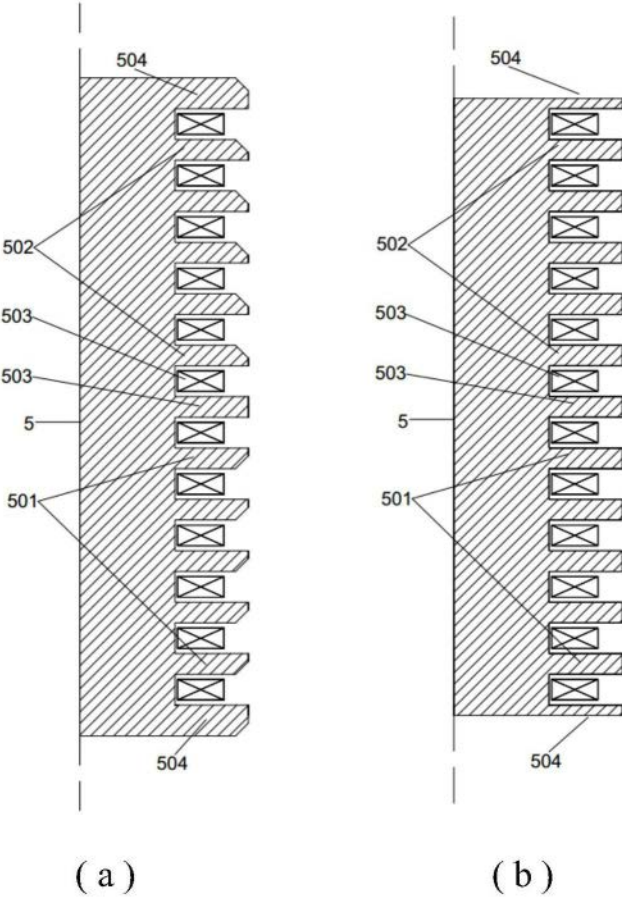


图8

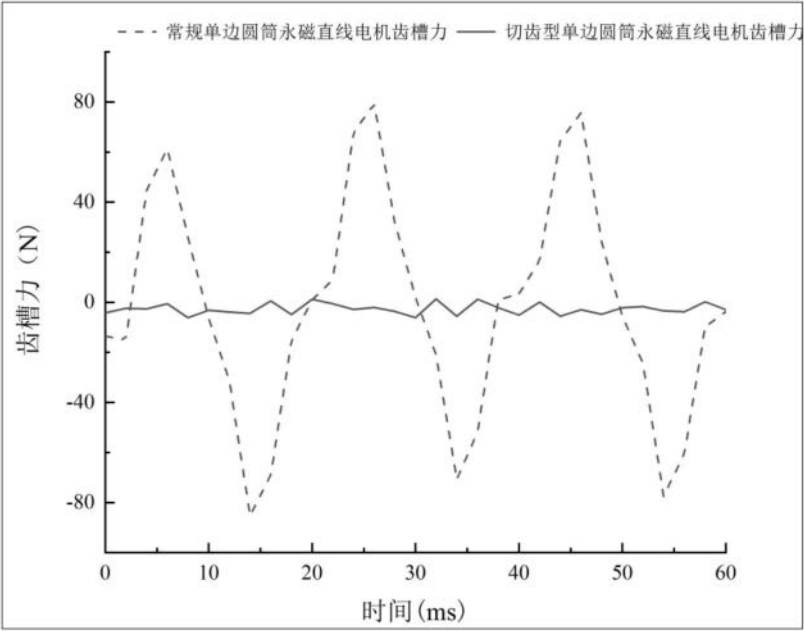


图9

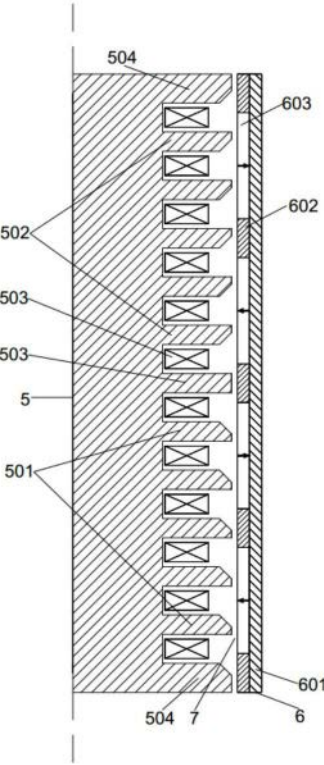


图10

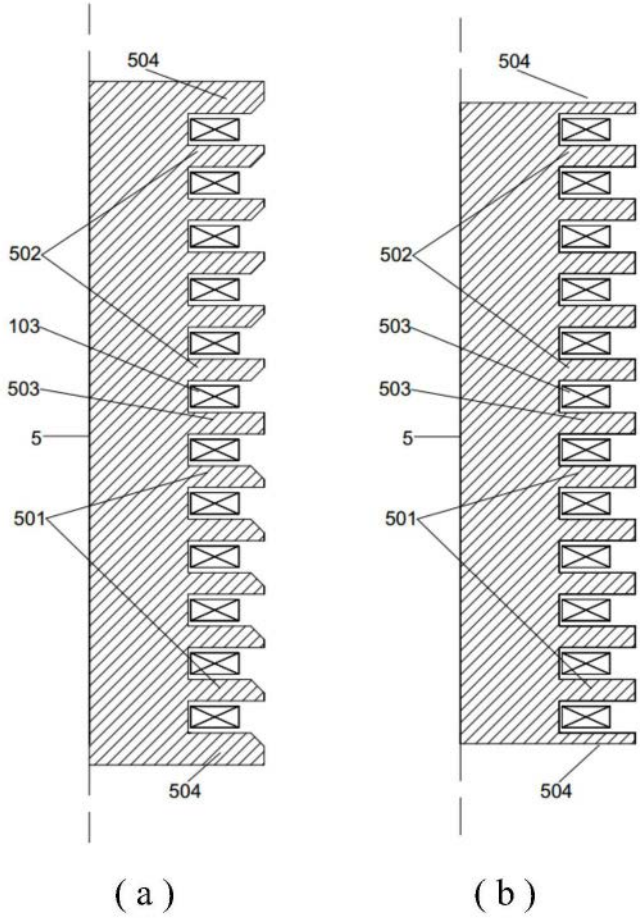


图11

