

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2015 年 10 月 8 日 (08.10.2015)



(10) 国际公布号
WO 2015/149684 A1

- (51) 国际专利分类号:
H02K 33/12 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2015/075507
- (22) 国际申请日: 2015 年 3 月 31 日 (31.03.2015)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201410125671.0 2014 年 3 月 31 日 (31.03.2014) CN
- (71) 申请人: 香港理工大学 (THE HONG KONG POLYTECHNIC UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国香港特别行政区九龙红磡香港理工大学, Hong Kong (CN)。
- (72) 发明人: 郑家伟 (CHENG, Ka Wai Eric); 中国香港特别行政区九龙红磡香港理工大学, Hong Kong (CN)。 薛向党 (XUE, Xiangdang); 中国香港特别行政区九龙红磡香港理工大学, Hong Kong (CN)。
- (74) 代理人: 深圳市顺天达专利商标代理有限公司 (SHENZHEN STANDARD PATENT & TRADE-

MARK AGENT LTD.); 中国广东省深圳市福田区深南大道 1056 号银座国际大厦 810-815 室, Guangdong 518040 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,

[见续页]

(54) Title: ELECTROMAGNETIC LINEAR DRIVER

(54) 发明名称: 电磁直线驱动器

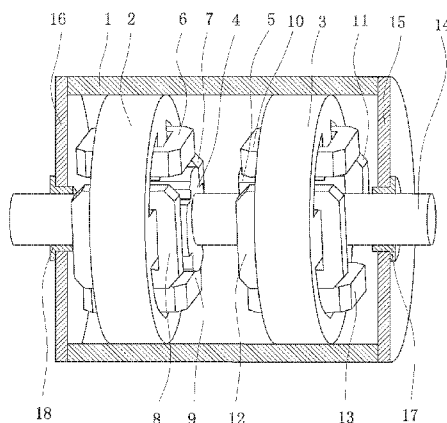


图 1 / Fig. 1

(57) Abstract: An electromagnetic linear driver, comprising: a cylindrical shell (1) and two end covers (15, 16), wherein the two end covers are fixedly connected to the shell, and one supporting seat (17, 18) is fixedly arranged on the two end covers respectively; two stator iron cores (2, 3) fixed in the shell, wherein the stator iron cores respectively comprise an even number of stator poles (21, 25), and excitation coils (6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13) are wound on each stator pole; a rotor shaft (14) and two rotor iron cores (4, 5), wherein a connection which can slide in the axial direction of the rotor shaft is formed between two ends of the rotor shaft respectively and one supporting seat, and the two rotor iron cores are fixedly sleeved outside the rotor shaft; and an electric controller (102), wherein the electric controller is used for controlling a first winding (39) composed of all the excitation coils on one stator iron core and a second winding (40) composed of all the excitation coils on the other stator iron core to be alternately energized; and the stator iron cores and the rotor iron cores are made of magnetic conductive materials. The movement frequency and stroke of an electromagnetic linear driver can be conveniently controlled without a sensor, thereby saving costs and having the advantages of a high stability, long service life and high energy conversion efficiency.

(57) 摘要:

[见续页]

WO 2015/149684 A1



RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, **本国际公布:**

CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, — 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。
TG)。

一种电磁直线驱动器，包括：筒形外壳（1）及两端盖（15，16），两端盖与外壳固定连接，端盖上分别固定设置有一支座（17，18），固定在外壳中的两个定子铁心（2，3），定子铁心分别包括偶数个定子极（21，25），每个定子极上绕有励磁线圈（6，7，8，9，10，11，12，13）；动子轴（14），两动子铁心（4，5），动子轴的两端分别与一支座形成可沿动子轴的轴向滑动的连接，两动子铁心固定套设在动子轴外；及一电控制器（102），电控制器用于控制由一定子铁心上的所有励磁线圈构成的第一绕组（39）及由另一定子铁心上的所有励磁线圈构成的第二绕组（40）交替通电；定子铁心和动子铁心由导磁材料制成。可以方便地控制电磁直线驱动器的运动频率及行程，且不需要传感器，节省了成本，而且稳定性高，使用寿命长，能量转换效率高。

说明书

发明名称: 电磁直线驱动器

技术领域

[0001] 本发明涉及一种电磁直线驱动器，特别是涉及一种无传感器的用于往复运动的电磁直线驱动器。

背景技术

[0002] 在一些场合往往需要直线往复运动，如车辆主动挂载系统、用于制冷的空气泵与压缩机等。以制冷空气泵与压缩机为例，空气泵与压缩机中的活塞通常由马达带动曲柄和连杆所驱动，这种旋转的马达—曲柄—连杆直线运动机制会导致较多的能量损耗及活塞的不间断运动。其导致的结果是，系统的效率较低，而活塞亦因不间断的运动而容易损坏。

[0003] 还有另一种驱动方式，即使用直线励磁绕组直接驱动活塞往复运动。这种直接驱动的机制可以解决在传统的压缩机中由曲柄端往复运动的侧向力导致的汽缸壁磨损问题，进而显著提高整个系统的转换效率。另外，由于活塞的运动状态可以被改变，因此还可据此调整压缩机的输出功率。

[0004] 虽然目前直线永磁激励励磁线圈已有被用来驱动压缩机。然而，这些直线永磁铁激励励磁线圈由于使用永磁铁频繁往复冲击动子/换向器结构，从而导致永磁铁结构复杂和成本昂贵以及潜在的不可靠性，并减短了使用寿命。

[0005] 另外，有些电磁直线驱制器是通过电机内部的位置传感器来检测动子位置的，整个电机的运行状态极大地依赖于动子位置，这些位置传感器有直线位移传感器等。但是位置传感器检测动子位置有很多缺陷，比如说传感器故障了，那么整个系统都会无法运转，这种电磁直线驱制器无疑是很不稳定的，也增加了整个驱动器系统的成本和复杂性。

技术问题

[0006] 本发明要解决的技术问题在于，针对现有技术中电磁直线驱制器的上述缺陷，提供一种稳定度高、寿命长、直线往复运动的频率和行程可调且成本较低的电磁直线驱制器。

问题的解决方案

技术解决方案

- [0007] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是，提供一种电磁直线驱动器包括：筒形外壳及两端盖，所述两端盖与所述外壳固定连接，所述端盖上分别固定设置有一支座；固定在所述外壳中的两定子铁心，所述定子铁心分别包括环形的定子磁轭及由所述定子磁轭向内延伸形成且沿所述定子铁心的周向均匀分布的偶数个定子极，每个所述定子极上绕有励磁线圈，沿同一所述定子铁心周向的任意相邻两定子极上的励磁线圈的磁极方向相反；动子轴、两动子铁心，所述动子轴的两端分别与一所述支座形成可沿所述动子轴的轴向滑动的连接，所述两动子铁心固定套设在所述动子轴外，所述动子铁心向内延伸形成偶数个定子极；及一电控制器，所述电控制器用于控制由一所述定子铁心上的所有所述励磁线圈构成的第一绕组及由另一所述定子铁心上的所有所述励磁线圈构成的第二绕组交替通电；其中，所述定子铁心延伸出的定子极与相邻的所述动子铁心延伸出的动子极一一对应，所述定子铁心和动子铁心由导磁材料制成。
- [0008] 在根据本发明所述的电磁直线驱动器中，同一所述定子铁心上的所述励磁线圈之间相串联。
- [0009] 在根据本发明所述的电磁直线驱动器中，同一所述定子铁心上的所述励磁线圈之间相并联。
- [0010] 在根据本发明所述的电磁直线驱动器中，同一所述定子铁心上的所述励磁线圈之间部分相串联部分相并联。
- [0011] 在根据本发明所述的电磁直线驱动器中，所述动子轴的两端分别与一所述支座形成可沿所述动子轴的周向转动的连接。
- [0012] 在根据本发明所述的电磁直线驱动器中，所述电控制器包括整流滤波电路、负载电路，驱动模块、控制模块及采样模块，其中：所述负载电路两端分别与整流滤波电路的两输出端电连接；所述负载电路与所述第一绕组及所述第二绕组分别电连接，以给所述第一绕组及所述第二绕组供电；所述采样模块对通过所述第一绕组及所述第二绕组的电流进行采样，并将获得的采样信号输出至控制模块；所述控制模块根据外部指令及所述采样信号计算得到脉宽调制控制信号

，并将所述脉宽调制控制信号输出至所述驱动模块；所述驱动模块根据所述脉宽调制控制信号，分别控制所述第一绕组及所述第二绕组的通断。

[0013] 在根据本发明所述的电磁直线驱动器中，所述负载电路包括第一绕组电路及第二绕组电路；所述第一绕组电路包括第一开关管、第二开关管、第一二极管、第二二极管及所述第一绕组；所述第一绕组的一端与所述第一开关管的第一端及所述第一二极管的负极相连，所述第一绕组的另一端与所述第二开关管的第二端及所述第二二极管的正极相连；所述整流滤波电路的正极输出端与所述第一开关管的第二端及所述第二二极管的负极相连，所述整流滤波电路的负极输出端与所述第二开关管的第一端及所述第一二极管的正极相连；所述第二绕组电路包括第三开关管、第四开关管、第三二极管、第四二极管及所述第二绕组；所述第二绕组的一端与所述第三开关管的第一端及所述第三二极管的负极相连，所述第二绕组的另一端与所述第四开关管的第二端及所述第四二极管的正极相连；所述整流滤波电路的正极输出端与所述第三开关管的第二端及所述第四二极管的负极相连，所述整流滤波电路的负极输出端与所述第四开关管的第一端及所述第三二极管的正极相连；所述第一开关管的第三端、所述第二开关管的第三端、所述第三开关管的第三端及所述第四开关管的第三端与所述驱动模块的输出端相连。

发明的有益效果

有益效果

[0014] 本发明的电磁直线驱动器，通过调节电控制器的驱动频率，可方便地控制驱动器的运动频率及行程大小，且不需要传感器，进而节省了成本；以电控制换向取代机械控制换向、不使用永磁体，因而无永磁铁频繁往复冲击动子/换向器结构所带来的损伤，因而稳定性高，使用寿命长、能量转换效率高。

对附图的简要说明

附图说明

[0015] 下面将结合附图及实施例对本发明作进一步说明，附图中：

[0016] 图1为本发明优选实施例的电磁直线驱动器的立体结构示意图；

[0017] 图2为本发明优选实施例的电磁直线驱动器的纵向结构示意图；

- [0018] 图3为本发明优选实施例的电磁直线驱动器的一定子铁心与一动子铁心的横向结构示意图；
- [0019] 图4为本发明优选实施例的电磁直线驱动器的另一定子铁心与另一动子铁心的横向结构示意图；
- [0020] 图5为本发明优选实施例的电磁直线驱动器横向截面上的电流与磁通路示意图；
- [0021] 图6为本发明优选实施例的电磁直线驱动器的电控制器的电路原理示意图；
- [0022] 图7为本发明优选实施例的第一绕组在电流激励下的典型磁力特性示意图；
- [0023] 图8为本发明优选实施例的第二绕组在电流激励下的典型磁力特性示意图；
- [0024] 图9为本发明优选实施例的电磁直线驱动器和电控制器的典型波形示意图。

实施该发明的最佳实施例

本发明的最佳实施方式

- [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。
- [0026] 如图1所示，为本发明优选实施例的电磁直线驱动器的立体结构示意图。本实施例的电磁直线驱动器包括外壳1、定子铁心2、定子铁心3，动子铁心4、动子铁心5、励磁线圈6—13、动子极、动子轴14、端盖15、端盖16，支座17、支座18。
- [0027] 请结合参阅图1、图2。图2为本发明优选实施例的电磁直线驱动器的纵向结构示意图。如图1、图2所示，外壳1为筒形，端盖15、16固定连接在外壳1两端。外壳1与端盖15、端盖16形成一柱形容纳空间。端盖15的中心分别开设有一支座17，端盖16的中心开设有一支座18。动子轴14的两端分别穿设支座17、支座18，动子轴14可沿动子轴14的轴向左右移动。在其他的一些实施例中，动子轴14还可沿动子轴14的周向转动，以方便动子轴14的定位。
- [0028] 在外壳1内，动子轴14上还固定套设有动子铁心4和动子铁心5，动子铁心4和动子铁心5可带动动子轴14沿动子轴14的轴向方向向左或向右移动。定子极21与动子铁心4、动子铁心5之间分别形成有气隙19。两动子极之间的距离小于定子铁

心2与定子铁心3之间的距离。

[0029] 请参阅图3，图3为本发明优选实施例的电磁直线驱动器的一定子铁心与一动子铁心的横向结构示意图。定子铁心2包括一环形的定子磁轭22及由定子磁轭22向内延伸出的四个定子极21，四个定子极21沿定子磁轭22的周向均匀分布。励磁线圈6、励磁线圈7、励磁线圈8、励磁线圈9分别缠绕在由定子磁轭的内周向内延伸出的四个定子极21上。

[0030] 请参阅图4，图4为本发明优选实施例的电磁直线驱动器的另一定子铁心与另一动子铁心的横向结构示意图。定子铁心3包括一环形的定子磁轭26及由定子磁轭26向内延伸出的四个定子极25，四个定子极25沿定子铁心3的周向均匀分布。励磁线圈10、励磁线圈11、励磁线圈12、励磁线圈13分别缠绕在由定子磁轭的内周向下延伸出的四个定子极25上。

[0031] 请结合参阅图3、图4，动子轴14可滑动地穿设于定子磁轭22及定子磁轭26的内环。定子磁轭22及定子磁轭26所在的环形面垂直于动子轴14。

[0032] 较佳地，励磁线圈6—13分别由铜导线绕制而成。

[0033] 较佳地，定子铁心2与定子铁心3分别由多个导磁片在纵向方向上层叠而成，如硅钢片等。

[0034] 较佳地，动子铁心4与动子铁心5分别由多个导磁片在纵向方向上层叠而成，如硅钢片等。

[0035] 其中，定子铁心2上的励磁线圈6、励磁线圈7、励磁线圈8及励磁线圈9组成第一绕组39，定子铁心3上的励磁线圈10、励磁线圈11、励磁线圈12及励磁线圈13组成第二绕组40。励磁线圈6、励磁线圈7、励磁线圈8及励磁线圈9可相互串联，或相互并联，或部分并联部分串联。励磁线圈10、励磁线圈11、励磁线圈12及励磁线圈13可相互串联，或相互并联，或部分并联部分串联。

[0036] 优选地，在第一绕组39与第二绕组40中，励磁线圈的电路连接方式相对应，即当励磁线圈6、励磁线圈7、励磁线圈8及励磁线圈9之间相互串联时，励磁线圈10、励磁线圈11、励磁线圈12及励磁线圈13之间也相互串联；当励磁线圈6、励磁线圈7、励磁线圈8及励磁线圈9之间相互并联时，励磁线圈10、励磁线圈11、励磁线圈12及励磁线圈13之间也相互并联；当励磁线圈6、励磁线圈7、励磁线圈8及励磁线圈9之间部分串联部分并联时，励磁线圈10、励磁线圈11、励磁线圈12及励磁线圈13之间也部分串联部分并联。

圈8及励磁线圈9部分串联部分并联时，励磁线圈10、励磁线圈11、励磁线圈12及励磁线圈13之间对应地部分串联部分并联，其目的是使第一绕组39与第二绕组40的磁力特性相平衡，以使电磁直线驱动器的系统更加稳定。

[0037] 请结合参阅图4、图5，图5为本发明优选实施例的电磁直线驱动器一横向断面上的电流与磁通路示意图。在横向断面上，由绕组所激发的磁感线在定子极构成的磁通路29如图5中的虚线路径所示。四个定子极25按照其在图5中的方位区分为左定子极、右定子极、上定子极和下定子极。以第一象限（右上部分）的磁通路为例，图中第一象限的磁通路29绕逆时针方向循环，磁感应线经动子铁心5、气隙19、右定子极、定子磁轭26的右上部分、上定子极后再经气隙19回到动子铁心5。定子铁心2与定子铁心3处的横向断面上的电流与磁通路相同，或相反：即对应的电流相反，产生的磁场方向也相反。

[0038] 在本发明中，沿定子铁心2和定子铁心3的周向的任意相邻两定子极上的励磁线圈绕线方向相反；具体体现在本实施例中，励磁线圈10与励磁线圈11、励磁线圈12相邻，励磁线圈10与励磁线圈11、励磁线圈12的磁极方向相反，励磁线圈10靠近动子铁心5的一端为N极，励磁线圈11和励磁线圈12靠近动子铁心5的一端为S极。由此，动子铁心5、气隙19及定子铁心3中形成图5中虚线箭头所示的磁通路29。

[0039] 较佳地，动子铁心5延伸形成与左定子极、右定子极、上定子极和下定子极分别相对应的左动子极、右动子极、上动子极和下动子极。在起到同样的导磁效果时可相应减小动子铁心5的体积和质量，以有利于降低能量损耗并节省成本。

[0040] 电磁直线驱动器在动子铁心4及定子铁心2处的横断面上的电流与磁通路与在动子铁心5及定子铁心3处类似。其主要用于在第一绕组39通电时吸引动子铁心4，第二绕组40通电时吸引动子铁心5，以带动动子轴14来回运动。

[0041] 在本实施例中，定子铁心与动子铁心的磁感应线主要地都位于横向磁路结构中，定子铁心和动子铁心之间的气隙19内的磁感应线分布则主要位于纵向磁路结构中。

[0042] 请参阅图6，图6为本发明优选实施例的电磁直线驱动器的电控制器的电路原理示意图。电控制器102包括整流滤波电路、负载电路，驱动模块、控制模块及采

样模块。交流电经一简单的整流滤波电路处理后分别为第一绕组39和第二绕组40供电。负载电路包括两个并联的绕组电路：第一绕组电路与第二绕组电路。第一绕组电路控制第一绕组39电流的通断；第二绕组电路控制第二绕组40电流的通断。

[0043] 其中，第一绕组39和第二绕组40分别与电控制器102所连接。电控制器102可从外部接收外部指令30输入控制模块，外部指令30携带的信息为所需要的磁作用力或电流。

[0044] 采样模块用于将由第一绕组39中的电流传感器得到的电流信号31和由第二绕组40中的电流传感器得到的电流信号32，经滤波后得到控制信号33并将控制信号33输出到控制模块。控制模块根据控制信号33及外部指令30，生成脉宽调制控制信号34并输出至驱动模块。

[0045] 在本实施例的直线电磁驱动器中，电控制器102的驱动模块产生经放大的且各自独立的信号35、36、37、38来驱动负载电路，以控制第一绕组39与第二绕组40交替通断。其中第一绕组39和第二绕组40能够在断电与通电两者之间交替地切换：当第一绕组39通电时，第二绕组40断电；当第一绕组39断电时，第二绕组40通电。其中，第一绕组39的两端分别与负载电路的第一输出端与第二输出端电连接，第二绕组40的两端分别与负载电路的第三输出端与第四输出端电连接，以使得负载电路给第一绕组39和第二绕组40供电。

[0046] 在本实施例中，第一绕组电路包括第一开关管、第二开关管、第一二极管、第二二极管及第一绕组；第一绕组的一端与第一开关管的第一端及第一二极管的负极相连，第一绕组的另一端与第二开关管的第二端及第二二极管的正极相连；整流滤波电路的正极输出端与第一开关管的第二端及第二二极管的负极相连，整流滤波电路的负极输出端与第二开关管的第一端及第一二极管的正极相连。

[0047] 第二绕组电路包括第三开关管、第四开关管、第三二极管、第四二极管及第二绕组；第二绕组的一端与第三开关管的第一端及第三二极管的负极相连，第二绕组的另一端与第四开关管的第二端及第四二极管的正极相连；整流滤波电路的正极输出端与第三开关管的第二端及第四二极管的负极相连，整流滤波电路

的负极输出端与第四开关管的第一端及第三二极管的正极相连。

[0048] 第一开关管的第三端、第二开关管的第三端、第三开关管的第三端及第四开关管的第三端与驱动模块的输出端相连。电控制器102的驱动模块产生的信号35、36、37、38分别控制第一开关管、第二开关管、第三开关管和第四开关管。通过设置相对整流滤波电路的输出端反向偏置的第一二极管、第二二极管、第三二极管及第四二极管，可防止在开关管切换通断状态时励磁线圈中产生的反向电压损坏开关管。

[0049] 优选地，开关管可采用金属氧化物半导体场效应晶体管（MOSFET）。在本实施例中，开关管为MOSFET管。开关管的第一端为源极、第二端为漏极、第三端为栅极。在其他的一些实施例中，开关管还可以为电子三极管等其他类型的开关管。

[0050] 当第一绕组39处于激励状态时，动子铁心4朝具有最小磁阻的磁路方向移动，即动子铁心4靠近第一绕组39。同样地，当第二绕组40处于激励状态时，动子铁心5朝具有最小磁阻的磁路方向移动，动子铁心5靠近第二绕组40。第一绕组39处于激励状态时，在动子铁心4与定子铁心2完全咬合（动子铁心4的动子极与定子铁心2的动子极正对）的位置上，磁路的磁阻最小。第二绕组40处于激励状态时的情况与之类似。由此，当第一绕组39处于激励状态，第二绕组40处于非激励状态，向左的电磁力随之产生，定子极14向左移动；当第一绕组39处于非激励状态，第一绕组39处于激励状态，向右的电磁力随之产生，动子极14向右移动。由于定子铁心是导磁材料而不是永磁体，其所产生的电磁力的方向与绕组的电流方向无关。

[0051] 本发明的无传感器直线电磁驱动器的磁力特性如图7、图8所示。图7中所示的磁力特性曲线41—46，其磁作用力值为负，表示电磁力方向向左；位移大小是相对动子铁心4在动子轴轴向上相对定子铁心2来说的，动子铁心4在定子铁心2右边时位移为正。磁力特性曲线41—46中的每一条曲线都是在与第一绕组39的电流恒定的情况下得到的。其中，磁力特性曲线41—46的磁作用力值随着第一绕组39的电流增大而增大。在第一绕组39通电、第二绕组40电流为零时，由定子铁心2施加在动子铁心4上磁作用力值为负，因此动子铁心4带动动子轴14向左

运动。相反地，当动子铁心4在定子铁心2左边时，磁作用力值的方向相反，动子铁心4带动动子轴14向右运动。

[0052] 类似地，图8中所示的磁力特性曲线47-52，其磁作用力值为正，表示电磁力方向向右；位移大小是相对动子铁心5在动子轴轴向上相对定子铁心3来说的，动子铁心5在定子铁心3左边时位移为正。磁力特性曲线47-52中的每一条曲线都是在与第二绕组40的电流恒定的情况下得到的。其中，磁力特性曲线47-52的磁作用力值随着第二绕组40的电流增大而增大。在第一绕组39电流为零、第二绕组40通电时，由定子铁心3施加在动子铁心5上磁作用力值为正，因此动子铁心4带动动子轴14向右运动。相反地，当动子铁心5在定子铁心3右边时，磁作用力值的方向相反，动子铁心5带动动子轴14向左运动。

[0053] 在本实施例中，动子铁心4与动子铁心5之间的距离小于定子铁心2与定子铁心3之间的距离。因此，第一绕组39处于激发状态、第二绕组40处于非激发状态时，施加在动子铁心4上的电磁力带动动子轴14向左运动；当动子铁心4与定子铁心2完全咬合时，由于动子铁心4与动子铁心5之间的距离小于定子铁心2与定子铁心3之间的距离，此时动子铁心5位于定子铁心3左方。此时，逆转第一绕组39与第二绕组40的激发状态，即使第一绕组39处于非激发状态、第二绕组40处于激发状态；从而施加在动子铁心5上的电磁力带动动子轴14向右运动；当动子铁心5与定子铁心3完全咬合时动子铁心4已运动至定子铁心2右方。再逆转第一绕组39与第二绕组40的激发状态，施加在动子铁心4上的电磁力再次带动动子轴14向左运动；如此反复，则可使得动子轴14进行来回往复直线运动。

[0054] 由于定子铁心不是永磁体，其所产生的电磁力的方向与绕组的电流方向无关。由此则容易理解的是，动子铁心4与动子铁心5之间的距离还可以大于定子铁心2与定子铁心3之间的距离。在这种情况下，当施加在动子铁心4上的电磁力带动动子轴14向右运动，直至动子铁心4与定子铁心2完全咬合时，动子铁心5位于定子铁心3右方，同样在逆转第一绕组39与第二绕组40的激发状态后会产生向左的电磁力。在此不再一一累述。

[0055] 当改变两绕组电流的频率时，还可以实现对直线往复运动频率的调整。通过调整激励电流的电流大小，还可以相应控制动子轴14的行程大小。

- [0056] 本实施例的电磁直线驱动器典型波形如图9所示。首先，控制模块基于输入指令30所产生的电磁力参考如曲线53所示，输入指令30还可用来调节电磁力的幅值。然后，控制模块基于由磁力特性参考曲线53，计算得到所需要的电流值参考曲线54。控制模块再根据电流值参考曲线54生成脉宽调制控制信号34，以控制第一绕组39、第二绕组40的通断切换。与此同时，控制模块根据第一绕组39与第二绕组40的电流，实时调整脉宽调制控制信号34，以跟踪模拟电流参考曲线54，得到第一绕组39的电流曲线55与第二绕组40的电流曲线56，即电流参考曲线54为目标曲线，而曲线55与曲线56为真实曲线。其中，曲线55的波峰与曲线56的波峰相互交替，即第一绕组39、第二绕组40上的励磁线圈电流的交替通断，以交替激发第一绕组39、第二绕组40产生磁场。由此，无传感器直线电磁驱动器产生如曲线57所示的电磁力，使得动子轴14产生如位移曲线图58所示的直线往复运动。其中，曲线57与曲线53的吻合度越高则表示系统精度越高。
- [0057] 本发明的电磁直线驱动器，通过调节电控制器的驱动频率和电流，可方便地控制驱动器的运动频率及行程，且不需要传感器，进而节省了成本；以电控制换向取代机械控制换向、不使用永磁体，因而无永磁铁频繁往复冲击动子/换向器结构所带来的损伤，因而稳定性高，使用寿命长、能量转换效率高。
- [0058] 以上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，均应该包含在本发明的保护范围之内。

权利要求书

- [权利要求 1] 一种电磁直线驱动器，其特征在于，包括：
- 筒形外壳及两端盖，所述两端盖与所述外壳固定连接，所述端盖上分别固定设置有一支座；
- 固定在所述外壳中的两定子铁心，所述定子铁心分别包括环形的定子磁轭及由所述定子磁轭向内延伸形成且沿所述定子铁心的周向均匀分布的偶数个定子极，每个所述定子极上绕有励磁线圈，沿同一所述定子铁心周向的任意相邻两定子极上的励磁线圈的磁极方向相反；
- 动子轴、两动子铁心，所述动子轴的两端分别与一所述支座形成可沿所述动子轴的轴向滑动的连接，所述两动子铁心固定套设在所述动子轴外，所述动子铁心向内延伸形成偶数个动子极；
- 及一电控制器，所述电控制器用于控制由一所述定子铁心上的所有所述励磁线圈构成的第一绕组及由另一所述定子铁心上的所有所述励磁线圈构成的第二绕组交替通电；
- 其中，所述定子铁心延伸出的定子极与相邻的所述动子铁心延伸出的动子极一一对应，所述定子铁心和动子铁心由导磁材料制成。
- [权利要求 2] 如权利要求1所述的电磁直线驱动器，其特征在于，同一所述定子铁心上的所述励磁线圈之间相串。
- [权利要求 3] 如权利要求1所述的电磁直线驱动器，其特征在于，同一所述定子铁心上的所述励磁线圈之间相并联。
- [权利要求 4] 如权利要求1所述的电磁直线驱动器，其特征在于，同一所述定子铁心上的所述励磁线圈之间部分相串联部分相并联。
- [权利要求 5] 如权利要求2—4中任一项所述的电磁直线驱动器，其特征在于，所述动子轴的两端分别与一所述支座形成可沿所述动子轴的周向转动的连接。
- [权利要求 6] 如权利要求5所述的电磁直线驱动器，其特征在于，
- 所述电控制器包括整流滤波电路、负载电路，驱动模块、控制模块及采样模块，其中：

所述负载电路两端分别与整流滤波电路的两输出端电连接；所述负载电路与所述第一绕组及所述第二绕组分别电连接，以给所述第一绕组及所述第二绕组供电；

所述采样模块对通过所述第一绕组及所述第二绕组的电流进行采样，并将获得的采样信号输出至控制模块；

所述控制模块根据外部指令及所述采样信号计算得到脉宽调制控制信号，并将所述脉宽调制控制信号输出至所述驱动模块；

所述驱动模块根据所述脉宽调制控制信号，分别控制所述第一绕组及所述第二绕组的通断。

[权利要求 7]

如权利要求6所述的电磁直线驱动器，其特征在于，所述负载电路包括第一绕组电路及第二绕组电路；

所述第一绕组电路包括第一开关管、第二开关管、第一二极管、第二二极管及所述第一绕组；所述第一绕组的一端与所述第一开关管的第一端及所述第一二极管的负极相连，所述第一绕组的另一端与所述第二开关管的第二端及所述第二二极管的正极相连；所述整流滤波电路的正极输出端与所述第一开关管的第二端及所述第二二极管的负极相连，所述整流滤波电路的负极输出端与所述第二开关管的第一端及所述第一二极管的正极相连；

所述第二绕组电路包括第三开关管、第四开关管、第三二极管、第四二极管及所述第二绕组；所述第二绕组的一端与所述第三开关管的第一端及所述第三二极管的负极相连，所述第二绕组的另一端与所述第四开关管的第二端及所述第四二极管的正极相连；所述整流滤波电路的正极输出端与所述第三开关管的第二端及所述第四二极管的负极相连，所述整流滤波电路的负极输出端与所述第四开关管的第一端及所述第三二极管的正极相连；

所述第一开关管的第三端、所述第二开关管的第三端、所述第三开关管的第三端及所述第四开关管的第三端与所述驱动模块的输出端相连。

说明书附图

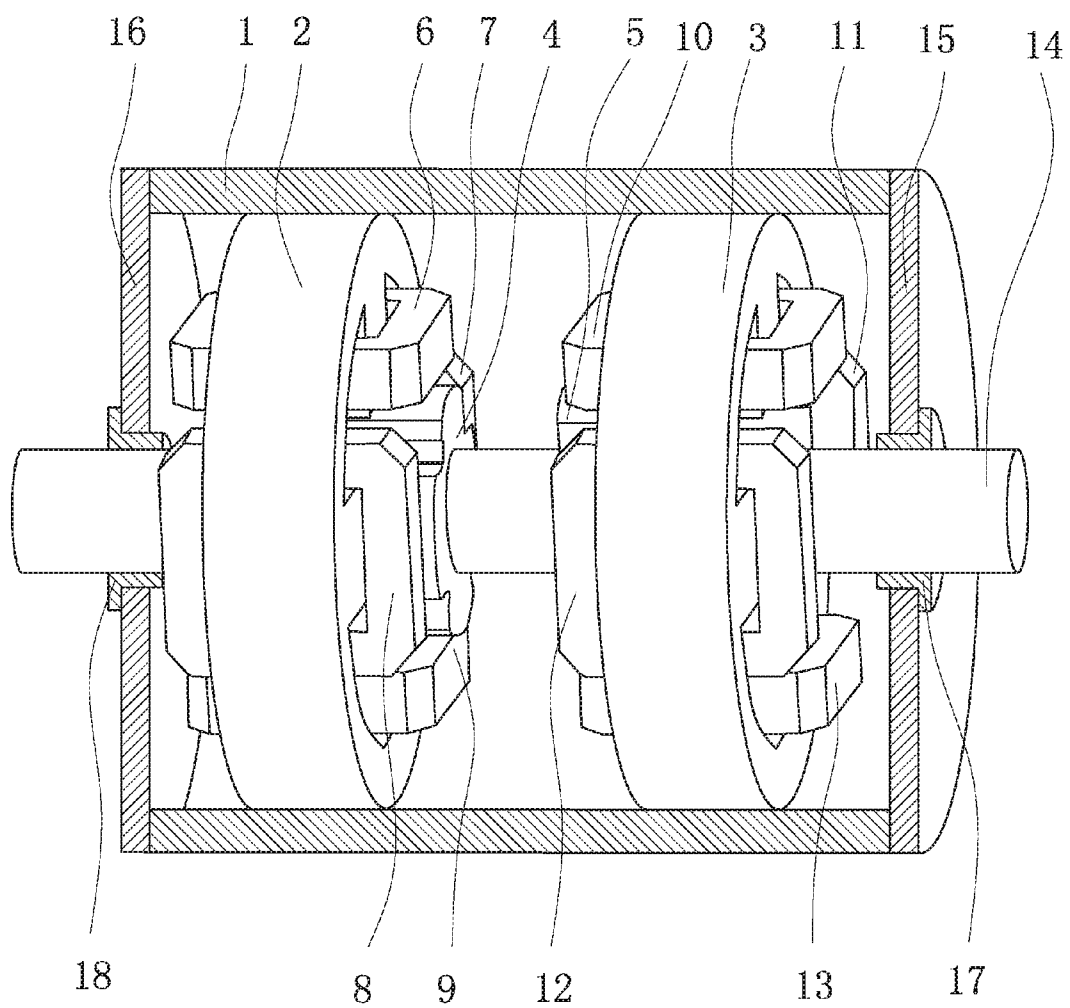


图 1

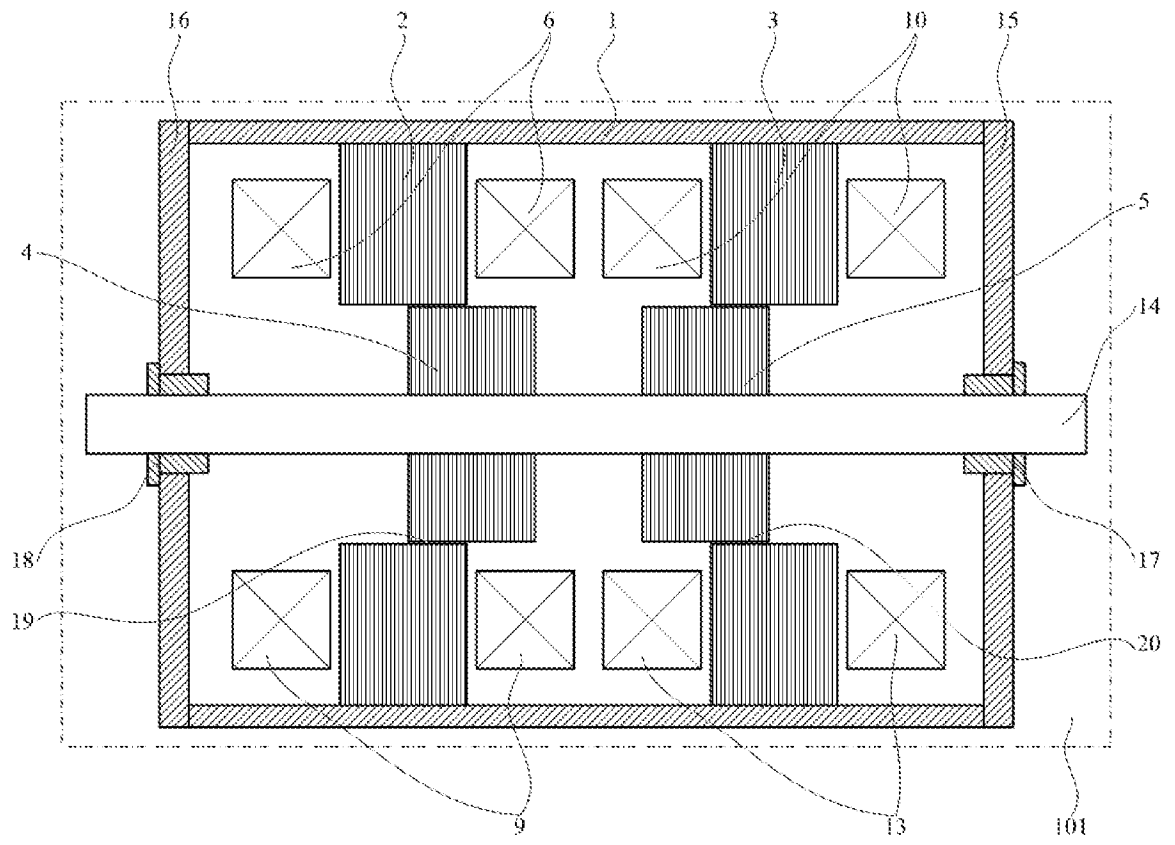


图 2

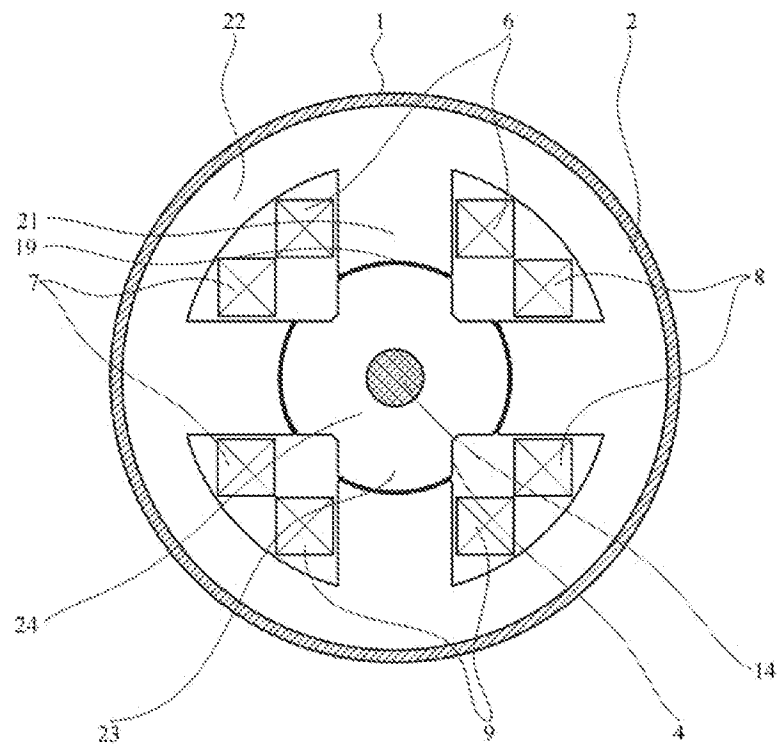


图 3

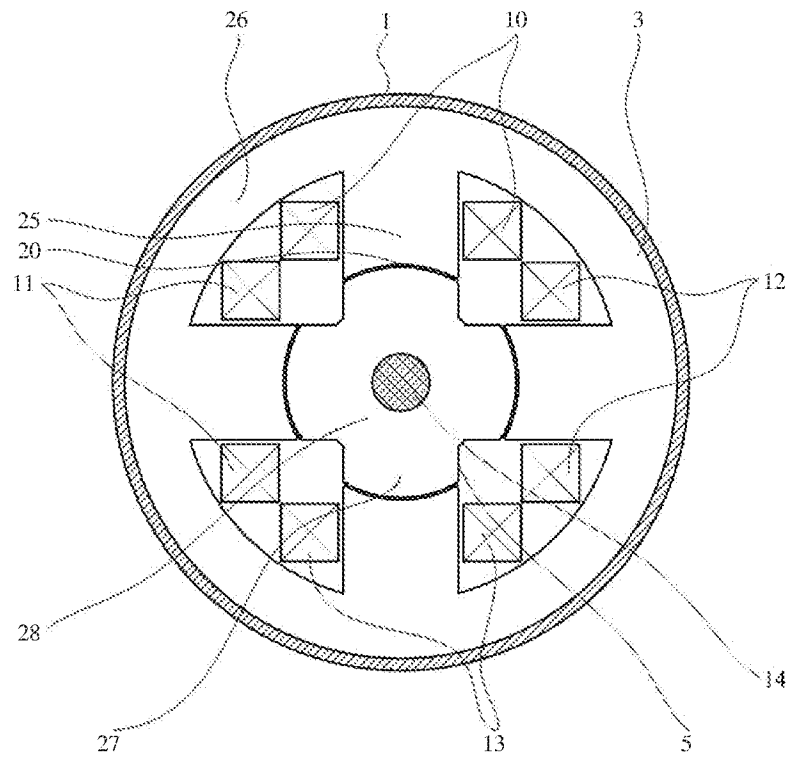


图 4

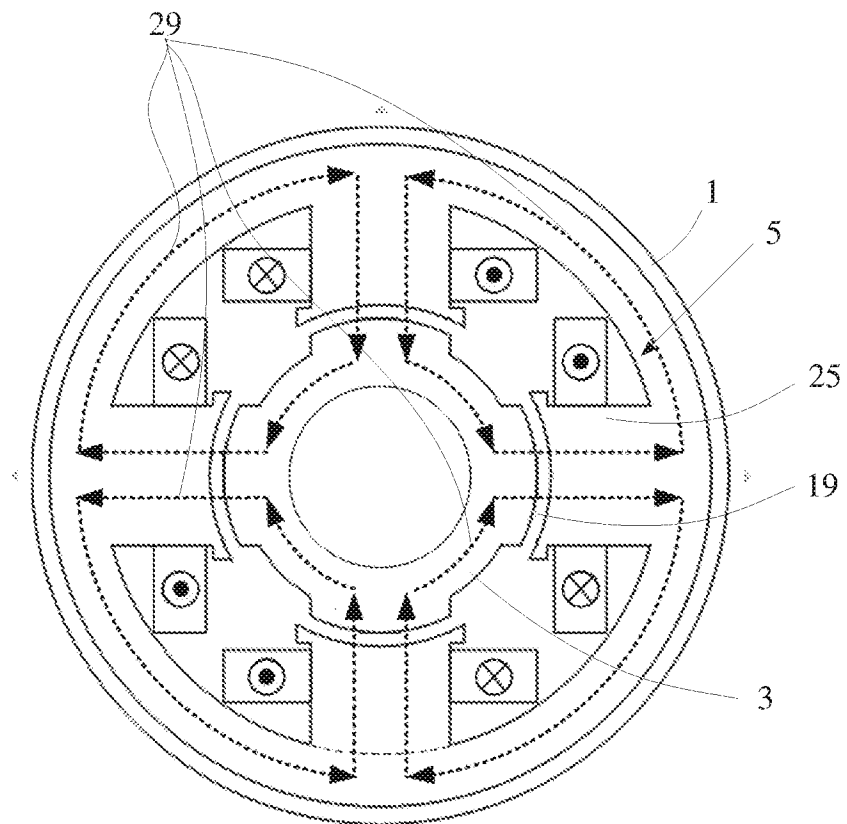


图 5

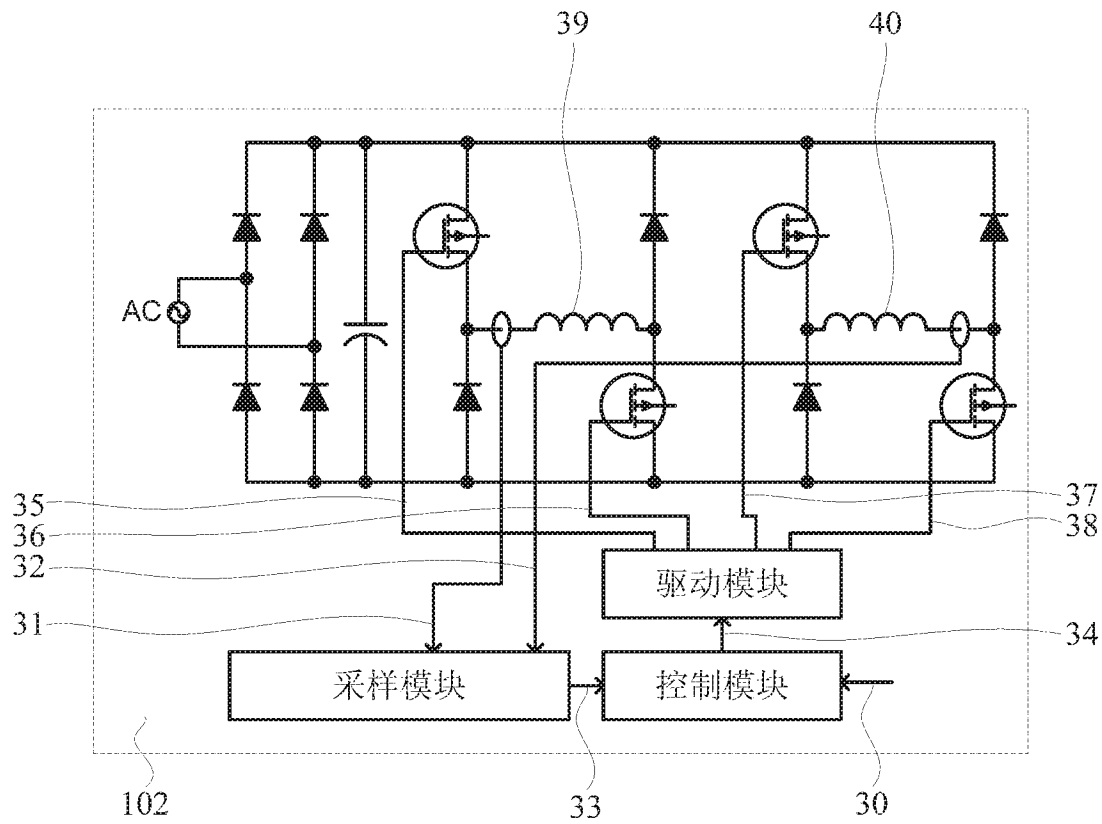


图 6

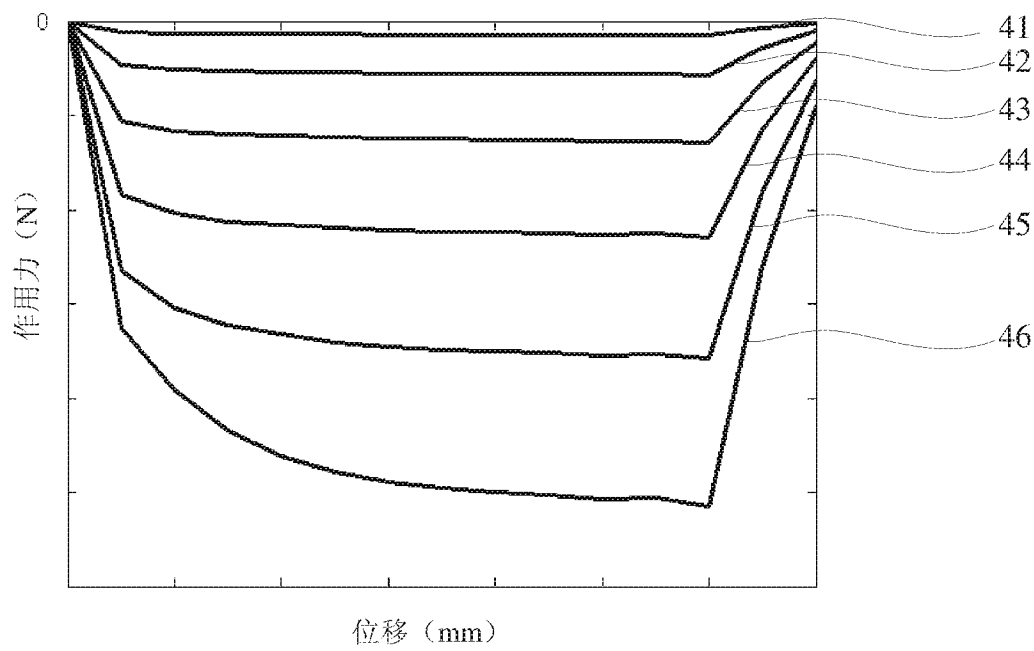


图 7

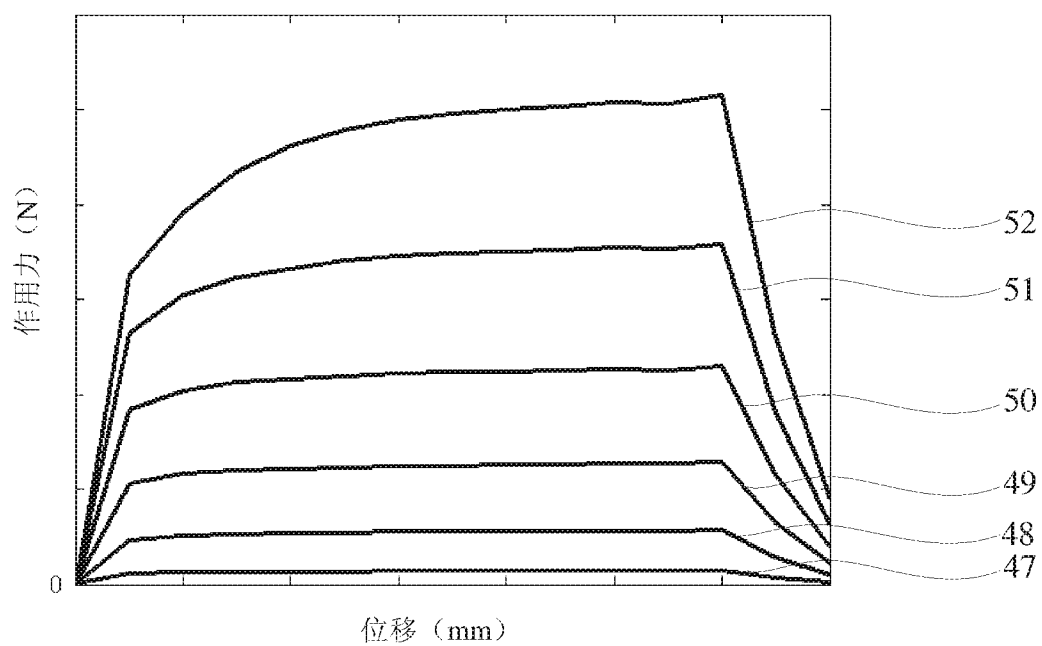


图 8

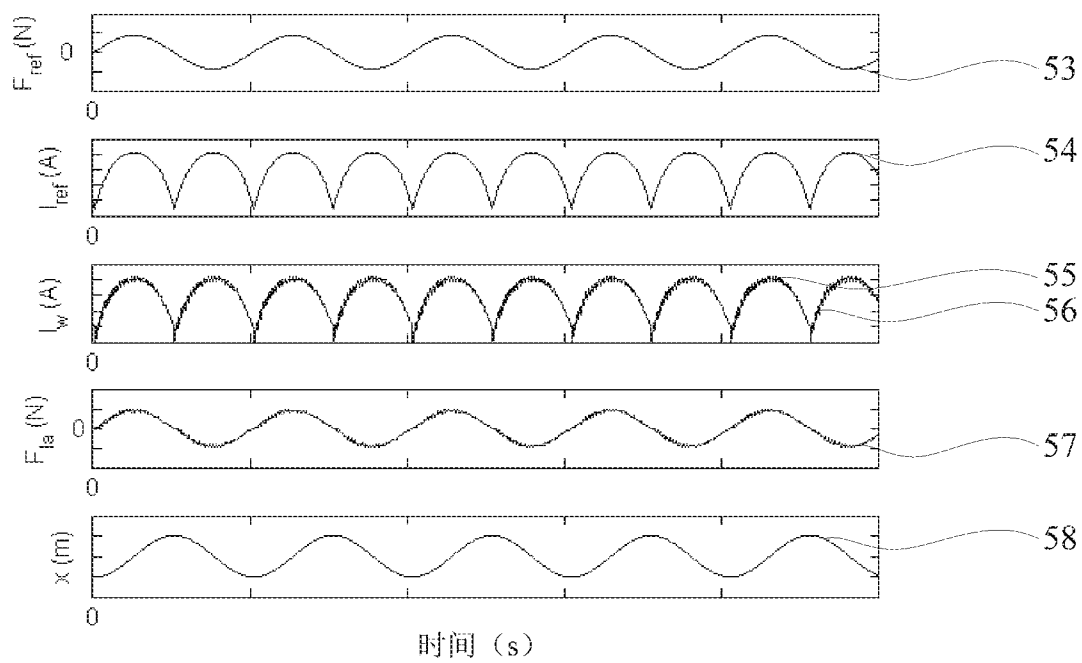


图 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2015/075507

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02K 33/12 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H02K 33/12

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNPAT; WPI; EPODOC: cylinder, linear, coil, actuator

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2008300404 A (TAKANO CO LTD) 11 December 2008 (11.12.2008) description, paragraphs [0018]-[0041] and figures 1, 5, 6 and 9 to 11	1-5
Y	JP 2008300404 A (TAKANO CO LTD) 11 December 2008 (11.12.2008) description, paragraphs [0018]-[0041] and figures 1, 5, 6 and 9 to 11	6
Y	CN 102017396 A (LG ELECTRONICS INC.) 13 April 2011 (13.04.2011) description, paragraphs [0054]-[0062] and figure 3	6
A	CN 103532333 A (UNIV XI AN JIAOTONG) 22 January 2014 (22.01.2014) the whole document	1-7
A	JP H0731117 A (KOKUSAI GIJUTSU KAIHATSU KK) 31 January 1995 (31.01.1995) the whole document	1-7

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 28 April 2015	Date of mailing of the international search report 27 May 2015
Name and mailing address of the ISA State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No. (86-10) 62019451	Authorized officer HUO, Yan Telephone No. (86-10) 62089881

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2015/075507

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2008300404 A	11 December 2008	None	
CN 102017396 A	13 April 2011	KR 101316284 B1	08 October 2013
		US 8562312 B2	22 October 2013
		KR 20090043980 A	07 May 2009
		CN 102017396 B	05 June 2013
		WO 2009057873 A2	07 May 2009
		EP 2208282 A2	21 July 2010
		WO 2009057873 A3	16 September 2010
		EP 2208282 A3	12 October 2011
		US 2011058964 A1	10 March 2011
CN 103532333 A	22 January 2014	None	
JP H0731117 A	31 January 1995	JP 3296890 B2	02 July 2002

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2015/075507

A. 主题的分类

H02K 33/12 (2006.01) i

按照国际专利分类 (IPC) 或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号)

H02K 33/12

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库 (数据库的名称, 和使用的检索词 (如使用))

CNPAT; WPI; EPDOC: 筒, 直线, 线圈, cylinder, linear, coil, actuator

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
X	JP 2008300404 A (TAKANO CO LTD) 2008年 12月 11日 (2008 - 12 - 11) 说明书第[0018]-[0041]段, 图1, 5, 6, 9-11	1-5
Y	JP 2008300404 A (TAKANO CO LTD) 2008年 12月 11日 (2008 - 12 - 11) 说明书第[0018]-[0041]段, 图1, 5, 6, 9-11	6
Y	CN 102017396 A (LG电子株式会社) 2011年 4月 13日 (2011 - 04 - 13) 说明书第[0054]-[0062]段, 图3	6
A	CN 103532333 A (西安交通大学) 2014年 1月 22日 (2014 - 01 - 22) 全文	1-7
A	JP H0731117 A (KOKUSAI GIJUTSU KAIHATSU KK) 1995年 1月 31日 (1995 - 01 - 31) 全文	1-7

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2015年 4月 28日

国际检索报告邮寄日期

2015年 5月 27日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中华人民共和国国家知识产权局 (ISA/CN)
北京市海淀区蓟门桥西土城路6号
100088 中国

传真号 (86-10) 62019451

授权官员

霍艳

电话号码 (86-10) 62089881

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2015/075507

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
JP	2008300404	A	2008年 12月 11日	无			
CN	102017396	A	2011年 4月 13日	KR	101316284	B1	2013年 10月 8日
				US	8562312	B2	2013年 10月 22日
				KR	20090043980	A	2009年 5月 7日
				CN	102017396	B	2013年 6月 5日
				WO	2009057873	A2	2009年 5月 7日
				EP	2208282	A2	2010年 7月 21日
				WO	2009057873	A3	2010年 9月 16日
				EP	2208282	A4	2011年 10月 12日
				US	2011058964	A1	2011年 3月 10日
CN	103532333	A	2014年 1月 22日	无			
JP	H0731117	A	1995年 1月 31日	JP	3296890	B2	2002年 7月 2日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)