



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103219863 A

(43) 申请公布日 2013. 07. 24

(21) 申请号 201310156931. 6

(22) 申请日 2013. 04. 28

(71) 申请人 哈尔滨工业大学

地址 150001 黑龙江省哈尔滨市南岗区西大直街 92 号

(72) 发明人 寇宝泉 金银锡 杨俊 白相林

(74) 专利代理机构 哈尔滨市松花江专利商标事务所 23109

代理人 张宏威

(51) Int. Cl.

H02K 49/04 (2006. 01)

H02P 15/00 (2006. 01)

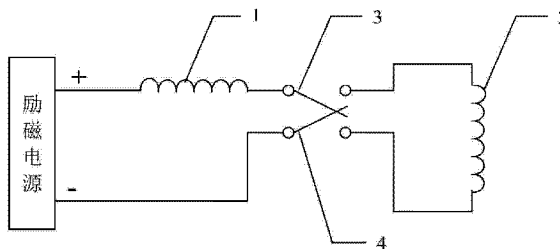
权利要求书2页 说明书6页 附图5页

(54) 发明名称

极距可变直线涡流制动器及其控制方法

(57) 摘要

极距可变直线涡流制动器及其控制方法, 涉及直线涡流制动器及其控制技术领域, 属于电机领域。本发明的直线涡流制动器中初级铁心的每个电枢齿上均缠绕有一个线圈; 位于第(4n-3)个电枢齿和第(4n-2)个电枢齿上的线圈依次反向串联构成第一励磁绕组; 第(4n-1)个电枢齿和第(4n)个电枢齿上的线圈依次反向串联构成第二励磁绕组。上述极距可变直线涡流制动器的极距可变控制方法是通过控制开关使第一励磁绕组与第二励磁绕组正向串联, 使极距可变直线涡流制动器工作在短极距状态; 通过控制开关使第一励磁绕组与第二励磁绕组反向串联, 使极距可变直线涡流制动器工作在长极距状态。本发明适用于直线电机特性测试系统加载技术领域。



1. 一种极距可变直线涡流制动器,它包括初级和次级,所述初级和次级之间为气隙;其特征在于,初级包括初级固定板(21)、初级铁心(22)和励磁绕组;

初级铁心固定在初级固定板上;初级铁心面向气隙侧的表面为齿槽结构,所述偶数个电枢齿(23)沿初级和次级的相对运动方向排列,每个电枢齿上均缠绕有一个线圈;位于第 $(4n-3)$ 个电枢齿和第 $(4n-2)$ 个电枢齿上的线圈依次反向串联构成第一励磁绕组(1);第 $(4n-1)$ 个电枢齿和第 $(4n)$ 个电枢齿上的线圈依次反向串联构成第二励磁绕组(2), n 为正整数;

次级包括反应板(28)和导磁轭板(29),反应板(28)由低电阻率材料构成,反应板(28)贴在导磁轭板(29)的面向初级的气隙侧。

2. 根据权利要求1所述的极距可变直线涡流制动器,其特征在于在电枢铁心的第 $(4n-3)$ 个电枢齿和第 $(4n-2)$ 个电枢齿之间的轭部内嵌放有永磁体(20),该永磁体(20)的充磁方向平行于初级和次级的相对运动方向。

3. 根据权利要求1所述的极距可变直线涡流制动器,其特征在于在电枢铁心的第 $(4n-3)$ 个电枢齿和第 $(4n-2)$ 个电枢齿的气隙面上分别固定有一块平板形永磁体(30),该永磁体(30)的充磁方向垂直于初级和次级的相对运动方向、且相邻两块永磁体(30)的充磁方向相反。

4. 根据权利要求1所述的极距可变直线涡流制动器,其特征在于在电枢铁心的第 $(4n-3)$ 个电枢齿或第 $(4n-2)$ 个电枢齿的气隙面上固定有一块平板形永磁体(30),该永磁体(30)的充磁方向垂直于初级和次级的相对运动方向、且所有永磁体(30)的充磁方向相同。

5. 根据权利要求1、2或3所述的极距可变直线涡流制动器,其特征在于在电枢铁心的第 $(4n-3)$ 个电枢齿与第 $(4n-2)$ 个电枢齿之间的槽口处嵌放有一块平板形永磁体(40),该永磁体(40)的充磁方向平行于初级和次级的相对运动方向、且所有永磁体(40)的充磁方向相同。

6. 根据权利要求1、2、3或4所述的极距可变直线涡流制动器,其特征在于所述直线涡流制动器为双初级结构,两个初级镜像布置在次级的两侧。

7. 根据权利要求1、2、3或4所述的极距可变直线涡流制动器,其特征在于所述直线涡流制动器为双初级、双次级结构,两个初级背靠背布置,两个次级镜像布置在双初级的两侧。

8. 根据权利要求1、2、3或4所述的极距可变直线涡流制动器,其特征在于所述次级采用液体冷却结构,在次级导磁轭板上或次级反应板上沿运动方向开有相互平行的冷却液通道。

9. 极距可变直线涡流制动器的控制方法,其特征在于,通过控制第一励磁绕组(1)与第二励磁绕组(2)的连接状态实现控制所述极距可变直线涡流制动器工作在短极距状态或长极距状态,具体方法为:

当需要工作在短极距状态时,控制第一励磁绕组(1)与第二励磁绕组(2)处于正向串联连接状态;

当需要工作在长极距工作状态时,控制第一励磁绕组(1)与第二励磁绕组(2)处于反向串联连接状态。

10. 根据权利要求 9 所述的极距可变直线涡流制动器的控制方法,其特征在于,控制第一励磁绕组(1)与第二励磁绕组(2)的连接状态的方法是采用电子开关或机械开关实现。

极距可变直线涡流制动器及其控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及直线涡流制动器及其控制技术领域,属于电机领域。

背景技术

[0002] 在现代加工工业领域,诸如激光切割、高速磨床、精密车床、加工中心等很多场合都需要高速度高精度的直线运动,而传统的方法只能借助于旋转电动机和滚珠丝杆等中间环节来获得直线运动,这就不可避免地存在惯性大、摩擦大、有反向间隙等缺点。近年来,随着直线电机技术的进步,越来越多的场合开始直接应用它来获得直线运动。由于采用直接驱动技术,直线电机具有速度快、加速度高、定位精度高、行程长和动态响应快等优点,而这恰恰满足了高速精密加工技术的要求。

[0003] 但是,针对系统需求研制开发或购买的直线电机性能以及特性是否满足要求,如何对直线电机系统性能做出正确、客观的评价,都需要有成熟的直线电机系统测试设备来完成。

[0004] 已有的直线电机推力加载测试装置如图 16 所示,该装置由系统平台、直线电机的动子、直线电机的定子、滑轮、传动绳以及砝码组成。通过滑轮和传动绳,把砝码的自身重量加到直线电机的动子上,形成单方向的拉力加载到直线电机上。不断增加砝码的重量,当直线电机开始匀速运动时,直线电机的制动力等于砝码的重量,既而获得直线电机的最大静态力。但是,该加载测试装置存在如下缺点:(1)测试加载推力时,只能进行单方向、单程测量,不适合短行程直线电机测试;(2)加载力不能连续变化,只能通过添加或减少砝码来改变负载;(3)系统采用传动绳,加载时产生形变,运动时会产生较大的推力扰动,从而影响加载精度;(4)只能静态加载,无法进行动态加载测试。

发明内容

[0005] 针对目前各种直线电机加载测试装置存在的主要问题,本发明提出一种适用于直线电机特性测试系统加载用的极距可变直线涡流制动器及其控制方法。

[0006] 本发明所述的极距可变直线涡流制动器,它包括初级和次级,所述初级和次级之间为气隙;其特征在于,初级包括初级固定板、初级铁心和励磁绕组;初级铁心固定在初级固定板上;初级铁心面向气隙侧的表面为齿槽结构,所述偶数个电枢齿沿初级和次级的相对运动方向排列,每个电枢齿上均缠绕有一个线圈;位于第 $(4n-3)$ 个电枢齿和第 $(4n-2)$ 个电枢齿上的线圈依次反向串联构成第一励磁绕组;第 $(4n-1)$ 个电枢齿和第 $(4n)$ 个电枢齿上的线圈依次反向串联构成第二励磁绕组, n 为正整数;次级包括反应板和导磁轭板,反应板由低电阻率材料构成,反应板贴在导磁轭板的面向初级的气隙侧。

[0007] 本发明所述的极距可变直线涡流制动器,还可以在电枢铁心的第 $(4n-3)$ 个电枢齿和第 $(4n-2)$ 个电枢齿之间的轭部内嵌放有永磁体,该永磁体的充磁方向平行于初级和次级的相对运动方向。

[0008] 本发明所述的极距可变直线涡流制动器,还可以在电枢铁心的第 $(4n-3)$ 个电枢齿

和第 $(4n-2)$ 个电枢齿的气隙面上分别固定有一块平板形永磁体,该永磁体的充磁方向垂直于初级和次级的相对运动方向、且相邻两块永磁体的充磁方向相反。

[0009] 本发明所述的极距可变直线涡流制动器,还可以在电枢铁心的第 $(4n-3)$ 个电枢齿或第 $(4n-2)$ 个电枢齿的气隙面上固定有一块平板形永磁体,该永磁体的充磁方向垂直于初级和次级的相对运动方向、且所有永磁体的充磁方向相同。

[0010] 本发明所述的极距可变直线涡流制动器,还可以在电枢铁心的第 $(4n-3)$ 个电枢齿与第 $(4n-2)$ 个电枢齿之间的槽口处嵌放有一块平板形永磁体,该永磁体的充磁方向平行于初级和次级的相对运动方向、且所有永磁体的充磁方向相同。

[0011] 本发明所述的极距可变直线涡流制动器还可以为双初级结构,两个初级镜像布置在次级的两侧。

[0012] 本发明所述的极距可变直线涡流制动器还可以为双初级、双次级结构,两个初级背靠背布置,两个次级镜像布置在双初级的两侧。

[0013] 本发明所述的极距可变直线涡流制动器中的次级可以采用液体冷却结构,在次级导磁轭板上或次级反应板上沿运动方向开有相互平行的冷却液通道。

[0014] 上述极距可变直线涡流制动器的极距可变控制方法是通过控制第一励磁绕组与第二励磁绕组的连接状态实现控制所述极距可变直线涡流制动器工作在短极距状态或长极距状态,具体方法为:

[0015] 当需要工作在短极距状态时,控制第一励磁绕组 1 与第二励磁绕组 2 处于正向串联连接状态;

[0016] 当需要工作在长极距工作状态时,控制第一励磁绕组 1 与第二励磁绕组 2 处于反向串联连接状态。

[0017] 上述控制第一励磁绕组与第二励磁绕组的连接状态的方法是采用电子开关或机械开关实现。

[0018] 本发明的主要优点:

[0019] (1) 本发明可以根据被测电机的速度通过切换开关改变制动器的极距,从而改变制动力特性,实现不同速度下、不同直线电机的加载测试。

[0020] (2) 本发明可以为直线电机提供与动子运动方向相反的制动力,实现双向测试。

[0021] (3) 本发明直线涡流制动器加载力可以在直线电机运动过程中连续调节,且从根本上消除了加载力波动,提高了系统测试精度。

[0022] (4) 本发明装置结构简单、功率密度高、损耗小、成本低、操作方便、可靠性高。

附图说明

[0023] 图 1 是具体实施方式十所述的极距可变直线涡流制动器的控制方法的控制原理示意图。

[0024] 图 2 是具体实施方式一所述的一种极距可变直线涡流制动器的具体结构示意图。

[0025] 图 3 是具体实施方式二所述的一种极距可变直线涡流制动器的具体结构示意图。

[0026] 图 4 是具体实施方式三所述的一种极距可变直线涡流制动器的具体结构示意图。

[0027] 图 5 是具体实施方式四所述的一种极距可变直线涡流制动器的具体结构示意图。

[0028] 图 6 是具体实施方式五所述的一种极距可变直线涡流制动器的具体结构示意图。

- [0029] 图 7 是具体实施方式五所述的一种极距可变直线涡流制动器的具体结构示意图。
- [0030] 图 8 是具体实施方式五所述的一种极距可变直线涡流制动器的具体结构示意图。
- [0031] 图 9 是具体实施方式七所述的一种极距可变直线涡流制动器的具体结构示意图。
- [0032] 图 10 是具体实施方式七所述的一种极距可变直线涡流制动器的具体结构示意图。
- [0033] 图 11 是具体实施方式八所述的一种极距可变直线涡流制动器的具体结构示意图。
- [0034] 图 12 是具体实施方式八所述的一种极距可变直线涡流制动器的具体结构示意图。
- [0035] 图 13 是具体实施方式九所述的一种极距可变直线涡流制动器的具体结构示意图。
- [0036] 图 14 是具体实施方式十所述的控制方法中,极距可变直线涡流制动器工作在短极距状态时,极距可变直线涡流制动器中的励磁绕组形成的磁场方向示意。
- [0037] 图 15 是具体实施方式十所述的控制方法中,极距可变直线涡流制动器工作在长极距状态时,极距可变直线涡流制动器中的励磁绕组形成的磁场方向示意。
- [0038] 图 16 是现有直线电机推力加载测试装置的结构示意图。

具体实施方式

[0039] 具体实施方式一、本实施方式所述的一种极距可变直线涡流制动器,它包括初级和次级,所述初级和次级之间为气隙;初级包括初级固定板 21、初级铁心 22 和励磁绕组;

[0040] 初级铁心固定在初级固定板上;初级铁心面向气隙侧的表面为齿槽结构,所述偶数个电枢齿 23 沿初级和次级的相对运动方向排列,每个电枢齿上均缠绕有一个线圈;位于第 $(4n-3)$ 个电枢齿和第 $(4n-2)$ 个电枢齿上的线圈依次反向串联构成第一励磁绕组 1;第 $(4n-1)$ 个电枢齿和第 $(4n)$ 个电枢齿上的线圈依次反向串联构成第二励磁绕组 2, n 为正整数;

[0041] 次级包括反应板 28 和导磁轭板 29,反应板 28 由低电阻率材料构成,反应板 28 贴在导磁轭板 29 的面向初级的气隙侧。

[0042] 参见图 2 说明本实施方式所述的一种极距可变直线涡流制动器的具体结构:该极距可变直线涡流制动器有 10 个电枢齿,每个电枢齿上都绕有一个线圈;第 1 个电枢齿、第 2 个电枢齿、第 5 个电枢齿、第 6 个电枢齿、第 9 个电枢齿和第 10 个电枢齿上的线圈依次反向串联构成励磁绕组 1;第 3 个电枢齿、第 4 个电枢齿、第 7 个电枢齿、第 8 个电枢齿上的线圈依次反向串联构成励磁绕组 2。该图所示的结构中,在 10 个电枢齿的两侧还设置有两个端部齿 25。

[0043] 具体实施方式二、本实施方式与具体实施方式一所述的一种极距可变直线涡流制动器的区别在于,在电枢铁心的第 $(4n-3)$ 个电枢齿和第 $(4n-2)$ 个电枢齿之间的轭部内嵌放有永磁体 20,该永磁体 20 的充磁方向平行于初级和次级的相对运动方向。

[0044] 参见图 3 说明本实施方式所述的一种极距可变直线涡流制动器的具体结构:该结构是在具体实施方式一所述的极距可变直线涡流制动器的结构基础之上,在电枢铁心的第 1 个电枢齿与第 2 个电枢齿之间的轭部沿横向开槽,槽中嵌放永磁体 20,在第 5 个电枢齿与

第 6 个电枢齿之间的轭部沿横向开槽,槽中嵌放永磁体 20,第 9 个电枢齿与第 10 个电枢齿之间的轭部沿横向开槽,槽中嵌放永磁体 20,所有永磁体 20 的充磁方向均平行于初级和次级的相对运动方向,并且所有永磁体 20 的充磁方向相同。

[0045] 具体实施方式三、本实施方式与具体实施方式一所述的一种极距可变直线涡流制动器的区别在于,在电枢铁心的第 $(4n-3)$ 个电枢齿和第 $(4n-2)$ 个电枢齿的气隙面上分别固定有一块平板形永磁体 30,该永磁体 30 的充磁方向垂直于初级和次级的相对运动方向、且相邻两块永磁体 30 的充磁方向相反。

[0046] 参见图 4 说明本实施方式所述的一种极距可变直线涡流制动器的具体结构:该结构是在具体实施方式一所述的极距可变直线涡流制动器的结构基础之上,在电枢铁心的第 1 个电枢齿、第 2 个电枢齿、第 5 个电枢齿、第 6 个电枢齿、第 9 个电枢齿、第 10 个电枢齿的气隙面上都粘贴固定有一块平板形永磁体 30,每块永磁体 30 的充磁方向均垂直于初级和次级的相对运动方向,相邻两块永磁体 30 的充磁方向相反。

[0047] 具体实施方式四、本实施方式与具体实施方式一所述的一种极距可变直线涡流制动器的区别在于,在电枢铁心的第 $(4n-3)$ 个电枢齿或第 $(4n-2)$ 个电枢齿的气隙面上固定有一块平板形永磁体 30,该永磁体 30 的充磁方向垂直于初级和次级的相对运动方向、且所有永磁体 30 的充磁方向相同。

[0048] 参见图 5 说明本实施方式所述的一种极距可变直线涡流制动器的具体结构:该结构是在具体实施方式一所述的极距可变直线涡流制动器的结构基础之上,在第 1 个电枢齿、第 5 个电枢齿、第 9 个电枢齿的气隙面上粘贴固定有一块平板形永磁体 30,每块永磁体 30 的充磁方向均垂直于初级和次级的相对运动方向,所有永磁体 20 的充磁方向相同。

[0049] 具体实施方式五、本实施方式与具体实施方式一、二或三所述的一种极距可变直线涡流制动器的区别在于,在电枢铁心的第 $(4n-3)$ 个电枢齿与第 $(4n-2)$ 个电枢齿之间的槽口处嵌放有一块平板形永磁体 40,该永磁体 40 的充磁方向平行于初级和次级的相对运动方向、且所有永磁体 40 的充磁方向相同。

[0050] 参见图 6 说明本实施方式所述的一种极距可变直线涡流制动器的具体结构:该结构是在具体实施方式一所述的极距可变直线涡流制动器的结构基础之上,在第 1 个电枢齿与第 2 个电枢齿之间的槽口处嵌放一块平板形永磁体 40,在第 5 个电枢齿与第 6 个电枢齿之间的槽口处嵌放一块平板形永磁体 40,第 9 个电枢齿与第 10 个电枢齿之间的槽口处嵌放有一块平板形永磁体 40,每块平板形永磁体 40 的充磁方向平行于初级和次级的相对运动方向,每块平板形永磁体 40 的充磁方向均相同。

[0051] 参见图 7。说明本实施方式所述的一种极距可变直线涡流制动器的具体结构:该结构是在具体实施方式三所述的极距可变直线涡流制动器的结构基础之上,在第 1 个电枢齿与第 2 个电枢齿之间的槽口处嵌放一块平板形永磁体 40,在第 5 个电枢齿与第 6 个电枢齿之间的槽口处嵌放一块平板形永磁体 40,第 9 个电枢齿与第 10 个电枢齿之间的槽口处嵌放有一块平板形永磁体 40,每块平板形永磁体 40 的充磁方向平行于初级和次级的相对运动方向,每块平板形永磁体 40 的充磁方向均相同。

[0052] 参见图 8 说明本实施方式所述的一种极距可变直线涡流制动器的具体结构:该结构是在具体实施方式二所述的极距可变直线涡流制动器的结构基础之上,在第 1 个电枢齿与第 2 个电枢齿之间的槽口处嵌放一块平板形永磁体 40,在第 5 个电枢齿与第 6 个电枢齿

之间的槽口处嵌放一块平板形永磁体 40,第 9 个电枢齿与第 10 个电枢齿之间的槽口处嵌放有一块平板形永磁体 40,每块平板形永磁体 40 的充磁方向平行于初级和次级的相对运动方向,每块平板形永磁体 40 的充磁方向均相同。

[0053] 具体实施方式六、本实施方式与具体实施方式五所述的一种极距可变直线涡流制动器的区别在于,所述永磁体 40 沿初级和次级相对运动方向的厚度小于或等于槽的宽度。

[0054] 具体实施方式七、本实施方式与具体实施方式一至六中任意一项实施方式所述的一种极距可变直线涡流制动器的区别在于,所述直线涡流制动器为双初级结构,两个初级镜像布置在次级的两侧。

[0055] 参见图 9 说明本实施方式所述的一种极距可变直线涡流制动器的具体结构:该结构是由与具体实施方式一所述的极距可变直线涡流制动器对应的双初级结构,两个初级镜像布置在次级的两侧。

[0056] 参见图 10,该图所示的双初级结构的极距可变直线涡流制动器与图 9 所示的结构的差别在于次级只有反应板,没有导磁轭板。

[0057] 具体实施方式八、本实施方式与具体实施方式一至六中任意一项实施方式所述的一种极距可变直线涡流制动器的区别在于,所述直线涡流制动器为双初级、双次级结构,两个初级背靠背布置,两个次级镜像布置在双初级的两侧。

[0058] 参见图 11 所示是本实施方式所述的一种极距可变直线涡流制动器,该结构是与实施方式一所示的结构相对应的双初级、双次级结构的极距可变直线涡流制动器,该种结构中两个初级背靠背布置,为整体式铁心,两个次级镜像布置在初级的两侧。

[0059] 参见图 12 所示的一种极距可变直线涡流制动器,该种极距可变直线涡流制动器与图 11 所示的结构相比,差别在于两个初级铁心固定在初级固定板上。

[0060] 具体实施方式九、本实施方式与具体实施方式一至八中任意一项实施方式所述的一种极距可变直线涡流制动器的区别在于,所述次级采用液体冷却结构,在次级导磁轭板上或次级反应板上沿运动方向开有相互平行的冷却液通道。

[0061] 参见图 13 所示说明本实施方式所述的采用液体冷却结构的次级,该种结构是在次级导磁轭板上沿运动方向开有相互平行的冷却液通道。

[0062] 具体实施方式十、参见图 1 说明本实施方式。具体实施方式一至九中任意一项实施方式所述的一种极距可变直线涡流制动器的极距可变控制方法为:通过控制第一励磁绕组 1 与第二励磁绕组 2 的连接状态实现控制所述极距可变直线涡流制动器工作在短极距状态或长极距状态,具体方法为:

[0063] 当需要工作在短极距状态时,控制第一励磁绕组 1 与第二励磁绕组 2 处于正向串联连接状态;

[0064] 当需要工作在长极距工作状态时,控制第一励磁绕组 1 与第二励磁绕组 2 处于反向串联连接状态。

[0065] 具体实施方式十一、本实施方式是对具体实施方式十所述的一种极距可变直线涡流制动器的极距可变控制方法的进一步说明,本实施方式中控制第一励磁绕组 1 与第二励磁绕组 2 的连接状态的方法是采用电子开关或机械开关实现。

[0066] 具体实施方式十二、本实施方式是对具体实施方式十一所述的一种极距可变直线涡流制动器的极距可变控制方法的举例说明,本实施方式中,采用机械开关实现控制第一

励磁绕组 1 与第二励磁绕组 2 的连接状态,可以采用下述连接关系实现:

[0067] 励磁电源为极距可变直线涡流制动器的供电电源,极距可变直线涡流制动器的第一励磁绕组 1 的一端与励磁电源的正极相连,该第一励磁绕组 1 的另一端与第一单刀双掷开关 3 的动端连接,励磁电源的负极与第二单刀双掷开关 4 的动端连接,第二励磁绕组 2 的一端同时连接第一单刀双掷开关 3 的一个静端和第二单刀双掷开关 4 的一个静端,第二励磁绕组 2 的另一端同时连接第一单刀双掷开关 3 的另一个静端和第二单刀双掷开关 4 的另一个静端;

[0068] 控制第一单刀双掷开关 3 和第二单刀双掷开关 4 使第一励磁绕组 1 与第二励磁绕组 2 正向串联,此时极距可变直线涡流制动器工作在短极距状态;

[0069] 控制第一单刀双掷开关 3 和第二单刀双掷开关 4 使第一励磁绕组 1 与第二励磁绕组 2 反向串联,此时极距可变直线涡流制动器工作在长极距状态。

[0070] 参见图 14 和图 15 说明本实施方式的工作原理:第 1 个电枢齿、第 2 个电枢齿、第 5 个电枢齿、第 6 个电枢齿、第 9 个电枢齿、第 10 个电枢齿上的线圈依次反向串联构成励磁绕组 1;励磁绕组 1 通入励磁电流时,第 1 个电枢齿、第 2 个电枢齿、第 5 个电枢齿、第 6 个电枢齿、第 9 个电枢齿、第 10 个电枢齿依次形成 N 极、S 极;第 3 个电枢齿、第 4 个电枢齿、第 7 个电枢齿、第 8 个电枢齿上的线圈依次反向串联构成励磁绕组 2。

[0071] 当需要短极距时,通过切换开关使励磁绕组 1 与励磁绕组 2 正向串联,这时,第 3 个电枢齿、第 4 个电枢齿、第 7 个电枢齿、第 8 个电枢齿也依次形成 N 极、S 极,如图 14 所示;

[0072] 当需要长极距时,通过切换开关使励磁绕组 1 与励磁绕组 2 反向串联,这时,第 3 个电枢齿、第 4 个电枢齿、第 7 个电枢齿、第 8 个电枢齿依次形成 S 极、N 极,从而制动器的极距增大一倍,如图 15 所示。

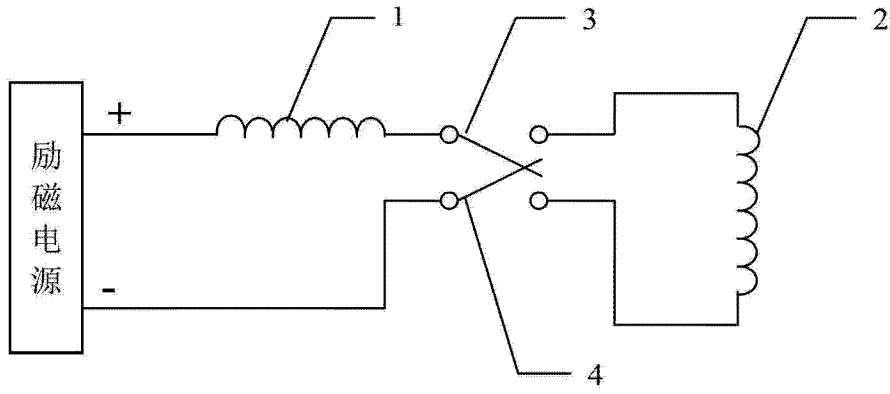


图 1

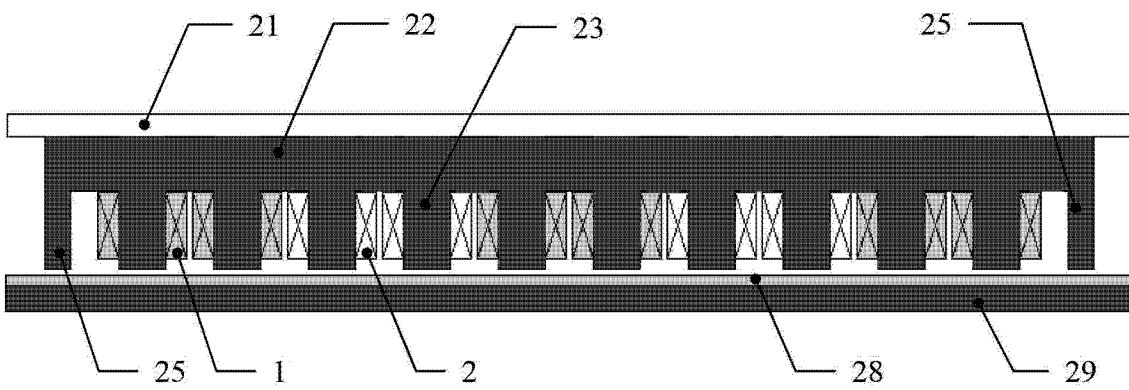


图 2

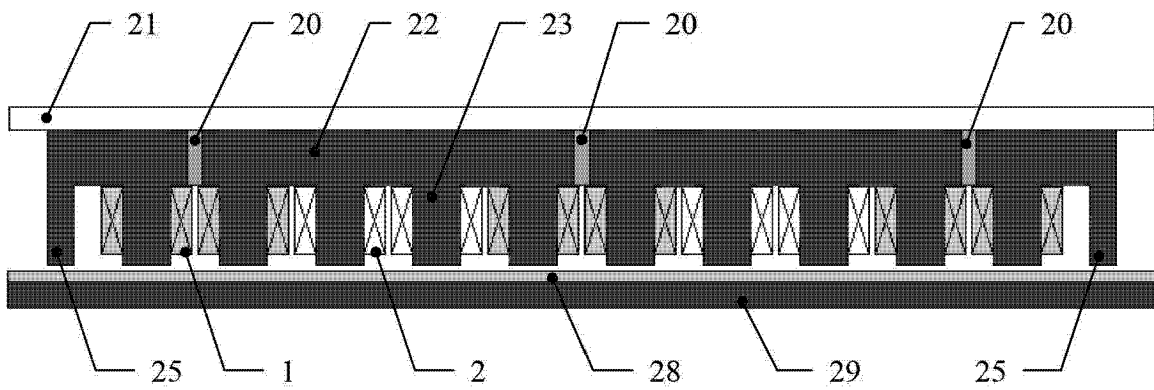


图 3

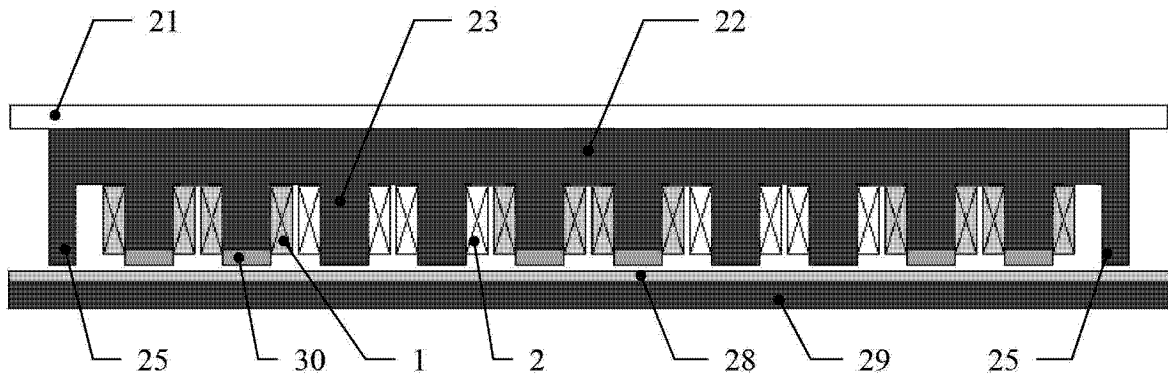


图 4

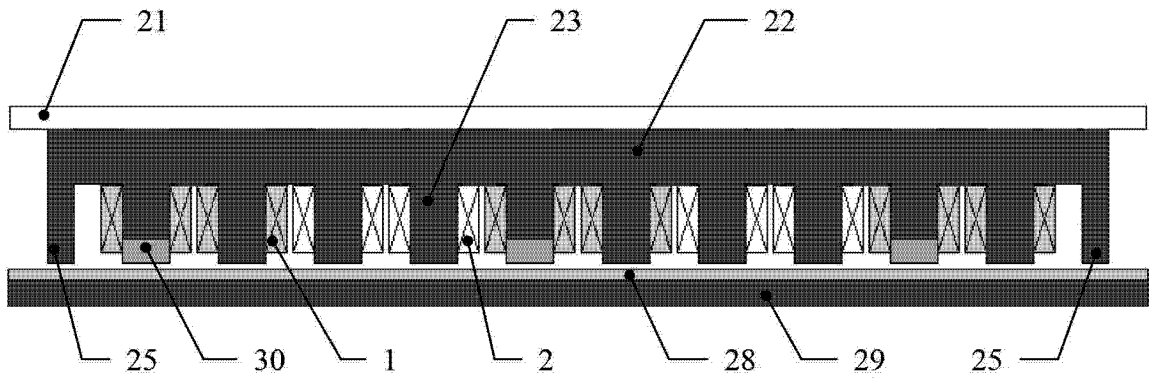


图 5

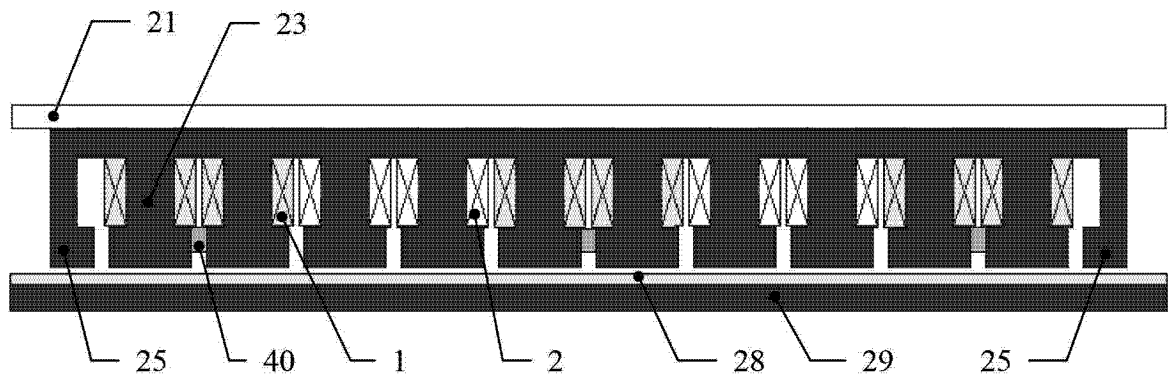


图 6

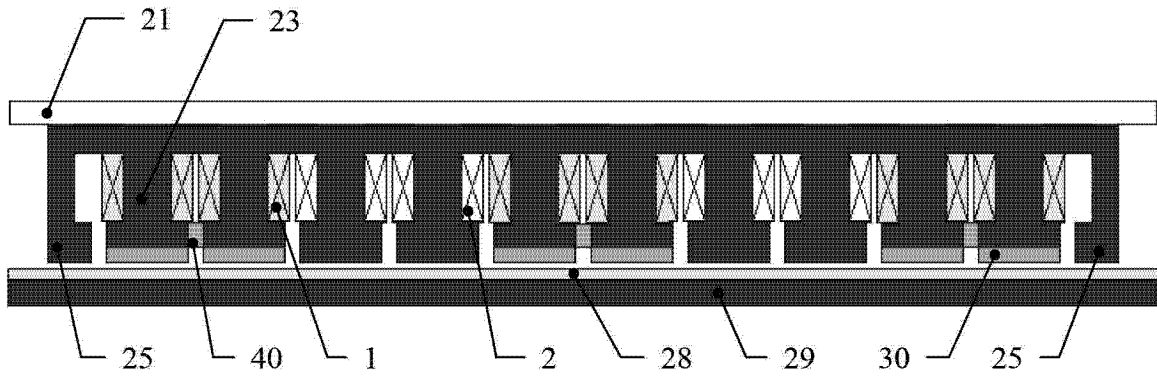


图 7

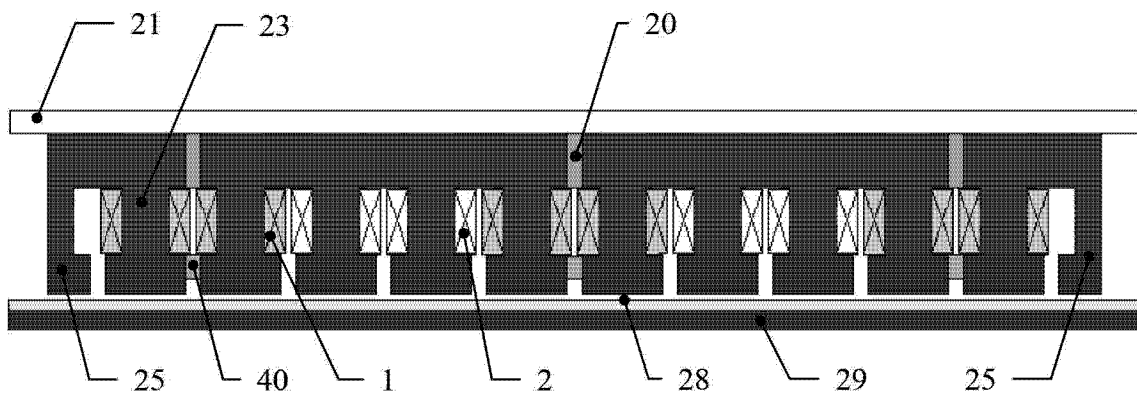


图 8

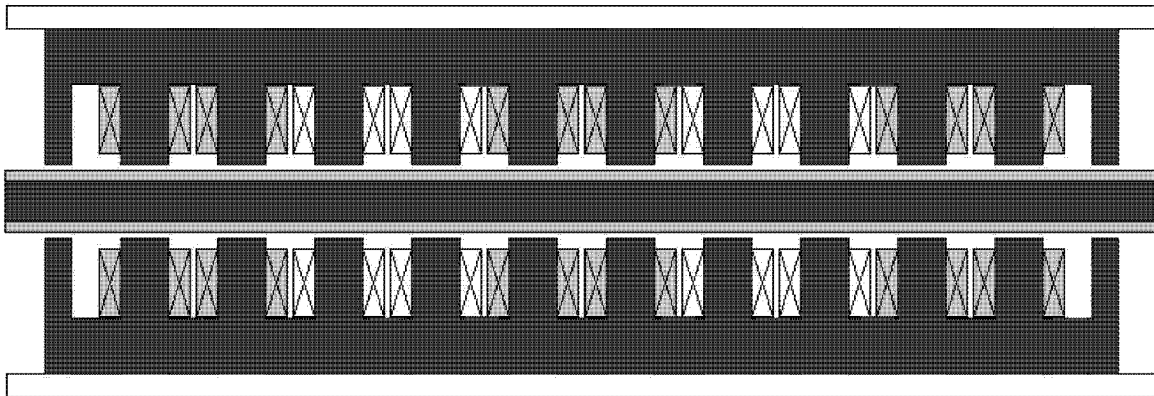


图 9

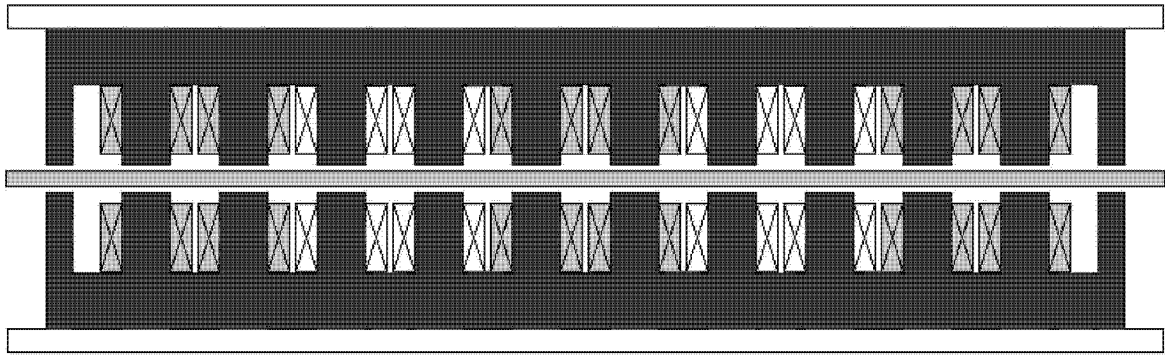


图 10

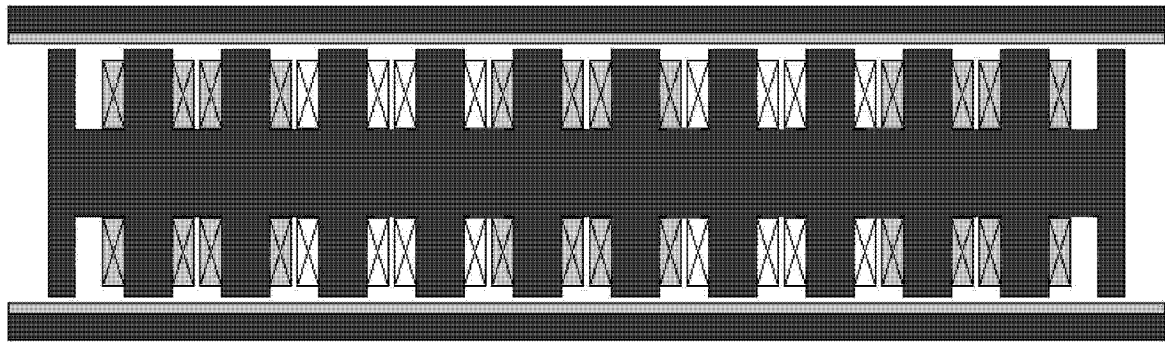


图 11

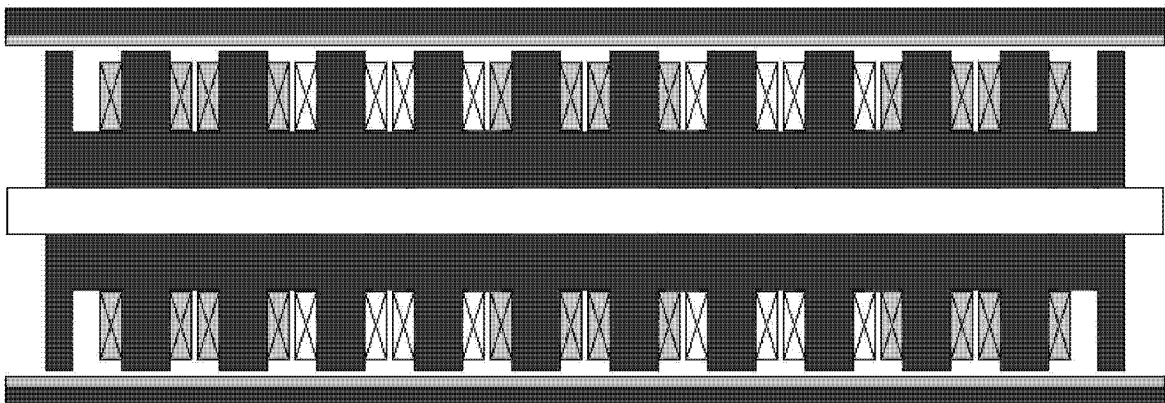


图 12



图 13

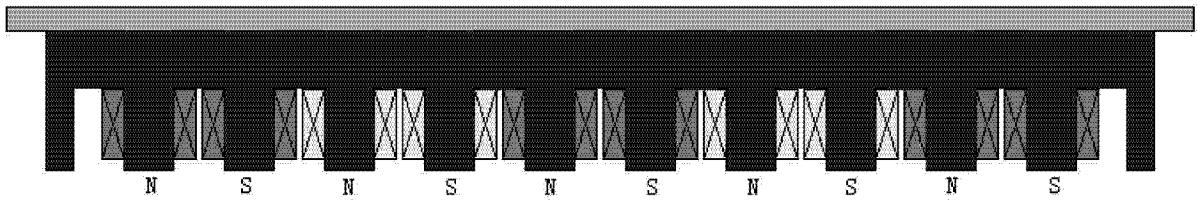


图 14

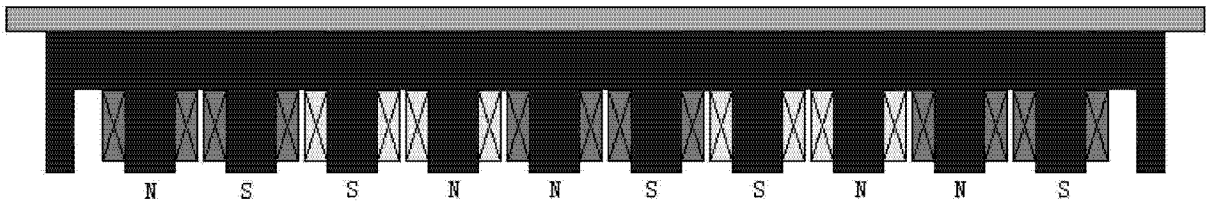


图 15

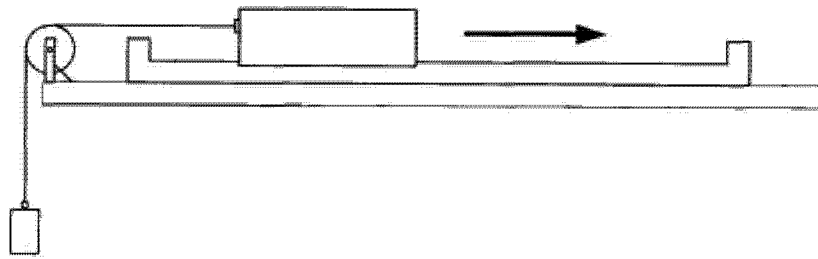


图 16