



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102184809 B

(45) 授权公告日 2015. 11. 25

(21) 申请号 201110077614. 6

CN 2566525 Y, 2003. 08. 13, 全文.

(22) 申请日 2011. 03. 30

JP 特开 2005-124309 A, 2005. 05. 12, 说明书第 [0003]-[0013] 段以及说明书附图 8-11.

(73) 专利权人 戴珊珊

US 5365137 A, 1994. 11. 15, 摘要、说明书第 3 栏第 36 行至第 10 栏第 5 行以及说明书附图 1-5.

地址 210094 江苏省南京市玄武区孝陵卫
200 号南京理工大学 119 幢 508 室

(72) 发明人 戴珊珊 陆晓峰

蔡际令等. 基于 DSP 控制的开关磁阻电机可逆传动系统. 《浙江大学学报(工学版)》. 2006, 第 40 卷(第 6 期), 第 1019-1026 页.

(51) Int. Cl.

H01H 51/01(2006. 01)

审查员 胡蓉

H02K 29/00(2006. 01)

(56) 对比文件

- CN 101483374 A, 2009. 07. 15, 全文.
- CN 101764492 A, 2010. 06. 30, 说明书第 [0027]-[0036] 段以及说明书附图 1.
- CN 1458730 A, 2003. 11. 26, 全文.
- CN 202049911 U, 2011. 11. 23, 权利要求 1-10.

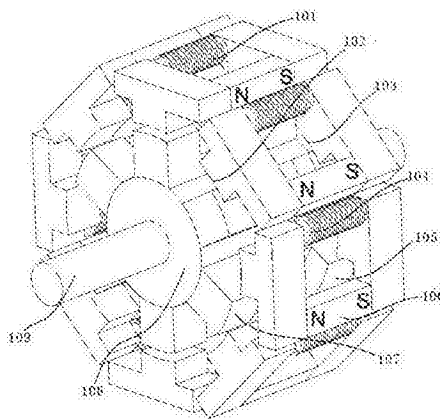
权利要求书2页 说明书21页 附图15页

(54) 发明名称

电激励永磁开关和电激励永磁开关磁阻电动机及电激励方法

(57) 摘要

本发明涉及电激励永磁开关和电激励永磁开关磁阻电动机及电激励方法, 本发明开关的永磁体两个磁极和绕有励磁线圈铁芯两端分别通过两块软磁体连接, 软磁体上设置有凸极。本发明电动机则是以本发明开关作为定子和转子基本组件, 且每个组件的两个磁凸极呈轴向布置, 定子组件与转子组件凸极之间相对设置并留有气隙, 轴对称位置上的定子组件和转子组件的励磁线圈串联或并联后各作为一条相线接入激励控制电源。本发明还给出了电动机单体之间连轴、旋转错位而构成的组合式电动机以及定子组件双相同时电激励的方法。本发明开关和电动机节能、磁损小、磁效率高; 组合式电动机加之双相电激励, 实现了细分步距角、提高了动转平稳性、控制精度以及输出功率。



1. 一种电激励永磁开关磁阻电动机的电激励方法, 该开关磁阻电动机构成包括有转子、定子、激励控制电源, 该电动机的定子由电动机壳体与偶数个电激励永磁开关组件构成, 所述电激励永磁开关组件由永磁体、软磁体、铁芯及励磁线圈构成, 永磁体的两个磁极和绕有励磁线圈的铁芯的两端分别通过两块软磁体连接, 在两块软磁体上设置有凸极, 偶数个电激励永磁开关组件沿电动机壳体内壁环状均衡设置, 且这偶数个电激励永磁开关组件彼此之间呈磁隔离状态, 每个电激励永磁开关组件的两个磁凸极呈轴向设置, 以转动轴为对称轴, 轴对称位置上两个定子开关组件的励磁线圈串联或并联构成一条相线, 共形成 M 条相线, 该电动机的转子由转动轴与偶数个条状铁芯构成, 偶数个条状铁芯沿转动轴径向均衡设置, 每个条状铁芯有两个凸极, 且两个凸极呈轴向设置, 定子上的电激励永磁开关组件磁凸极与转子条状铁芯凸极之间留有气隙, 其特征在于: 激励控制电源顺序循环地向定子上的 M 条相线供电, 现设定, 激励控制电源向定子开关组件的第一相供电时间段为 $T_{1定}$, 激励控制电源向定子开关组件的第 1 相供电起始时刻为 $t_{1定开}$, 激励控制电源向定子开关组件的第 1 相供电终止时刻为 $t_{1定关}$, 激励控制电源向定子开关组件的第 2 相供电时间段为 $T_{2定}$, 激励控制电源向定子开关组件的第 2 相供电起始时刻为 $t_{2定开}$, 激励控制电源向定子开关组件的第 2 相供电终止时刻为 $t_{2定关}$, 以此类推, 激励控制电源向定子开关组件的第 M 相供电时间段为 $T_{M定}$, 激励控制电源向定子开关组件的第 M 相供电起始时刻为 $t_{M定开}$, 激励控制电源向定子开关组件的第 M 相供电终止时刻为 $t_{M定关}$, 当激励控制电源向定子开关组件的第 M 相供电时间段 $T_{M定}$ 过程中, 激励控制电源关闭向第 $(M-1)$ 相的供电, 激励控制电源关闭向第 $(M-1)$ 相供电的时刻为 $t_{(M-1)定关}$, 而激励控制电源开启向第 1 相供电的时刻为 $t_{1定开}$, 时刻 $t_{1定开}$ 和时刻 $t_{(M-1)定关}$ 均处在 $T_{M定}$ 时间段内, 且 $t_{1定开}$ 与 $t_{(M-1)定关}$ 之间存在时间差 $\Delta t_{定}$, 即 $\Delta t_{定} = t_{(M-1)定关} - t_{1定开}$, 仅在 $\Delta t_{定}$ 不为零时, 激励控制电源同时向相邻三相邻的定子开关组件供电, 当 $\Delta t_{定}$ 为零时, 激励控制电源同时仅向相邻两相的定子开关组件供电, 位置传感器将定子转子位置信号送至激励控制电源, 再由该激励控制电源控制向定子各相线供电的起止时刻, 进而控制电动机的运转状态。

2. 一种电激励永磁开关磁阻电动机的电激励方法, 该开关磁阻电动机构成包括有转子、定子、激励控制电源, 该电动机的定子由电动机壳体与偶数个电激励永磁开关组件构成, 偶数个定子上的电激励永磁开关组件沿电动机壳体内壁环状均衡设置, 且偶数个定子上的电激励永磁开关组件彼此之间呈磁隔离状态, 该电动机的转子由转动轴与偶数个电激励永磁开关组件构成, 偶数个转子上的电激励永磁开关组件沿转动轴径向均衡设置, 且这偶数个转子上的电激励永磁开关组件彼此之间呈磁隔离状态, 上述定子上的电激励永磁开关组件和转子上的电激励永磁开关组件由永磁体、软磁体、铁芯及励磁线圈构成, 永磁体的两个磁极和绕有励磁线圈的铁芯的两端分别通过两块软磁体连接, 在两块软磁体上设置有凸极, 且每个电激励永磁开关组件的两个软磁体磁凸极呈轴向设置, 且定子上的电激励永磁开关组件中永磁体 N 极相连的软磁体凸极和转子上的电激励永磁开关组件中永磁体 S 极相连的软磁体凸极相对设置, 定子上的电激励永磁开关组件磁凸极与转子上的电激励永磁开关组件磁凸极之间留有气隙, 以转动轴为对称轴, 轴对称位置上的两个定子电激励永磁开关组件的励磁线圈串联或并联后作为一相接入激励控制电源, 共形成 M 条相线, 转动轴轴对称位置上的两个转子电激励永磁开关组件励磁线圈串联或并联后作为一相接入激励控制电源, 共形成 N 相, 其特征在于: 激励控制电源顺序循环地向定子上的 M 条相线供电, 同

时激励控制电源也顺序循环地向转子上的 N 条相线供电,现设定,激励控制电源向定子开关组件的第 1 相供电时间段为 $T1_{定}$,激励控制电源向定子开关组件的第 1 相供电起始时刻为 $t1_{定开}$,激励控制电源向定子开关组件的第 1 相供电终止时刻为 $t1_{定关}$,激励控制电源向定子开关组件的第 2 相供电时间段为 $T2_{定}$,激励控制电源向定子开关组件的第 2 相供电起始时刻为 $t2_{定开}$,激励控制电源向定子开关组件的第 2 相供电终止时刻为 $t2_{定关}$,以此类推,激励控制电源向定子开关组件的第 M 相供电时间段为 $TM_{定}$,激励控制电源向定子开关组件的第 M 相供电起始时刻为 $tM_{定开}$,激励控制电源向定子开关组件的第 M 相供电终止时刻为 $tM_{定关}$,当激励控制电源向定子开关组件的第 M 相供电时间段 $TM_{定}$ 过程中,激励控制电源关闭向第 (M-1) 相的供电,激励控制电源关闭向第 (M-1) 相供电的时刻为 $t(M-1)_{定关}$,而激励控制电源开启向第 1 相供电的时刻为 $t1_{定开}$,时刻 $t1_{定开}$ 和时刻 $t(M-1)_{定关}$ 均处在 $TM_{定}$ 时间段内,而且 $t1_{定开}$ 与 $t(M-1)_{定关}$ 之间存在时间差 $\Delta t_{定}$, $\Delta t_{定} = t(M-1)_{定关} - t1_{定开}$,仅在 $\Delta t_{定}$ 不为零时,即在时刻 $t1_{定开}$ 与 $t(M-1)_{定关}$ 时刻之间,激励控制电源同时向相邻三相的定子开关组件供电,当 $\Delta t_{定}$ 为零时,激励控制电源同时仅向相邻两相的定子开关组件供电;同理设定,激励控制电源顺序循环地向转子上的 N 相线供电,即激励控制电源向转子开关组件的第 1 相供电时间段为 $T1_{转}$,激励控制电源向转子开关组件的第 1 相供电起始时刻为 $t1_{转开}$,激励控制电源向转子开关组件的第 1 相供电终止时刻为 $t1_{转关}$,激励控制电源向转子开关组件的第 2 相供电时间段为 $T2_{转}$,激励控制电源向转子开关组件的第 2 相供电起始时刻为 $t2_{转开}$,激励控制电源向转子开关组件的第 2 相供电终止时刻为 $t2_{转关}$,以此类推,激励控制电源向转子开关组件的第 N 相供电时间段为 $TN_{转}$,激励控制电源向转子开关组件的第 N 相供电起始时刻为 $tN_{转开}$,激励控制电源向转子开关组件的第 N 相供电终止时刻为 $tN_{转关}$,当激励控制电源向转子开关组件的第 N 相供电时间段 $TN_{转}$ 过程中,激励控制电源关闭向第 (N-1) 相的供电,激励控制电源关闭向第 (N-1) 相供电的时刻为 $t(N-1)_{转关}$,而激励控制电源开启向第 1 相供电的时刻为 $t1_{转开}$,时刻 $t1_{转开}$ 和时刻 $t(N-1)_{转关}$ 均处在 $TN_{转}$ 时间段内,而且 $t(N-1)_{转关}$ 与 $t1_{转开}$ 之间存在时间差 $\Delta t_{转}$, $\Delta t_{转} = t1_{转开} - t(N-1)_{转关}$,在 $\Delta t_{转}$ 不为零时,即在时刻 $t1_{转开}$ 至 $t(N-1)_{转关}$ 时刻之间,激励控制电源向一相转子开关组件供电,当 $\Delta t_{转}$ 为零时,激励控制电源同时向两相转子开关组件供电,位置传感器将定子转子位置信号送至激励控制电源,再由该激励控制电源控制电动机定子和转子各相线供电的起止时刻,进而控制电动机的运转状态。

电激励永磁开关和电激励永磁开关磁阻电动机及电激励方法

技术领域

[0001] 本发明涉及开关磁阻电动机技术领域,尤其为一种电激励永磁开关以及利用该电激励永磁开关结构而成的开关磁阻电动机及其电激励方法。

背景技术

[0002] 现在的开关磁阻电动机采用双凸极结构,转子仅由硅钢片叠压而成,既无绕组也不用永磁体,定子各极上绕有励磁绕组,通过向定子励磁绕组依次通入激励电流,使定子凸极与转子凸极相互作用产生转矩。开关磁阻电动机工作原理遵循“磁阻最小原理”,通电后,磁路有向磁阻最小路径变化的趋势。当转子凸极与定子凸极错位时,气隙大、磁阻也大;一旦定子励磁绕组通电,就会形成对转子凸极的磁拉力,使气隙变小、磁路磁阻也变小。与此同时用电子开关按一定逻辑关系切换定子励磁绕组的通电相序,即可形成连续旋转的力矩。由于此结构开关磁阻电动机转子上既没有励磁绕组,也没有永磁体,因而结构简单、运行可靠。但正是由于定子和转子上均未使用永磁体参与励磁,为了得到大的输出转矩,就需要大的电励磁功率,这样使得此类电动机的性能体积比受限,同时有较大的驱动能耗。

[0003] 近期出现多种利用混合励磁的开关磁阻电动机成果项目,这些新技术成果的出现大大的改善和提高了开关磁阻电动机的性能和应用价值。但这类电动机的结构还是没有突破传统开关磁阻电动机利用定子外壳和转子铁芯来形成磁路产生扭矩的惯例,这种整体导磁的结构,不但磁路长、损耗大,而且磁凸极之间不可避免的会产生磁干扰和漏磁损失,这些因素都影响和阻碍了开关磁阻电动机优异性能的充分发挥,限制了开关磁阻电动机的广泛应用。同时,现有的开关磁阻电动机存在转矩波动大,噪声大,这对传动部件寿命不利,总之现有的开关磁阻电动机的输出转矩、能耗以及功率体积比等指标均不很理想。

发明内容

[0004] 本发明目的是提供一种能充分利用永磁体固有磁能势的电激励永磁开关,并以此电激励永磁开关作为基本构件来构造出一种新型的开关磁阻电动机,同时给出此种开关磁阻电动机的电激励方法。

[0005] 为实现上述发明目的,本发明首先给出了一种电激励永磁开关,该电激励永磁开关的构成包括有永磁体、软磁体、铁芯及励磁线圈,永磁体的两个磁极和绕有励磁线圈的铁芯的两端分别通过两块软磁体连接,在两块软磁体上设置有凸极。永磁体经软磁体和铁芯构成了一个永磁体磁通的闭合磁回路,静态时,在磁路参数匹配的情况下,当励磁线圈通入定向电流时,因为电激励永磁开关中的永磁体和线圈铁芯是以最小的距离设置的,而该电激励永磁开关的磁输出引出端(磁凸板)是与比永磁体与软磁体和线圈铁芯构成的闭合磁回路要长的回路并联,而且还有气隙或装配缝隙因而输出负载端的磁阻大于短路回路的磁阻,所以在静态时磁凸极上的磁场强度很弱或为0,对负载是没有作用力,处于磁关闭状态,是不需提供任何外作用力的情况下自行关闭的,在软磁体的凸极上,可以获得叠加磁场,该

复合磁场是由励磁线圈通入电流所产生的磁场与永磁体静态磁场被激励后成为动态磁场的叠加磁场。可用“电激励永磁开关”构成开关磁阻电动机,每个“电激励永磁开关”软磁体的两个磁凸板沿电动机转动轴轴向设置,即“电激励永磁开关”的两个磁凸极与转轴平行设置,磁路短、磁损小,容易结构布置。而且还可以把恢复短路时短路磁力线切割,线圈产生的感应电动势,回收再利用。

[0006] 在上述电激励永磁开关技术方案中,所述两块软磁体凸极位于永磁体两端与带励磁线圈铁芯两端之间,软磁体凸极的突出方向相同,且软磁体凸极的突出方向垂直于永磁体与铁芯所处所在的平面。(如附图 1 所示)

[0007] 在上述电激励永磁开关技术方案中,所述软磁体凸极的突出方向相对,且软磁体凸极的突出方向处于永磁体与铁芯所处所在的平面(如附图 2 所示)或软磁体凸极的突出方向平行于永磁体与铁芯所处所在的平面(如附图 3 所示)

[0008] 在上述电激励永磁开关技术方案中,所述两块软磁体凸极位于带励磁线圈铁芯两端附近,软磁体凸极的突出方向平行于永磁体与铁芯所处所在的平面,软磁体凸极的突出方向相同(如附图 4)或相反(如附图 5 所示)。

[0009] 上述电激励永磁开关的工作原理如下:

[0010] (1) 当励磁线圈中没有通入电流时,永磁体两磁极通过软磁体和励磁线圈中铁芯闭合回路处于磁短路,软磁体上两个凸极不显磁极性。(如附图 6 所示)即在静态时,当磁路参数匹配的情况下,永磁体磁通处于磁短路的状态,即在软磁体凸极引出端上的磁场强度很弱或为 0。软磁体的凸极不会对其周围的感磁物体产生磁作用力。

[0011] (2) 当励磁线圈通入正向电流时,励磁线圈所产生的磁场方向与永磁体磁场方向在闭合磁路中方向相反(反向),此时,软磁体上的两个凸极上则会产生由永磁体磁场和励磁磁场迭加的磁场强度。(如附图 7 所示)软磁体的凸极就会对其周围的感磁物体产生磁作用力,两个电激励永磁开关软磁体凸极两两相对设置时,两个电激励永磁开关彼此为对方提供了磁通闭合回路,若两个电激励永磁开关凸极中心有偏差,则会产生扭力,使两个电激励永磁开关处在磁路最短的稳定状态。当通入励磁线圈的电流由正向值变为零时,永磁体会迅速恢复经软磁体和励磁线圈中铁芯闭合回路呈磁短路状态,此过程会在励磁线圈中感应出电势,此电势可以被收集利用。

[0012] (3) 当励磁线圈通入反向电流时,励磁线圈所产生的磁场方向与永磁体磁场方向在磁路中同向,则会加强短路的效果,软磁体上的两个凸极不显磁极性。软磁体的凸极不会对其周围的感磁物体产生磁作用力。(如附图 8 所示)当向励磁线圈中通入合适的反向电流,能够消除软磁体的磁滞影响。

[0013] 如果周期性地向该电激励永磁开关的励磁线圈通入正向电流,就能在该电激励永磁开关软磁体两个凸极处周期性地呈现磁场强度,当软磁体两个凸极与其周围感磁物质之间的间隙十分小,软磁体磁凸极的磁能量能穿过气隙对外界感磁物质周期性地作用并做功。

[0014] 当通入励磁线圈的电流由正向变为零瞬间,永磁体在恢复最短磁回路的过程中会在励磁线圈中感应出电势,该电势可引导并收集到贮能器件中并加以利用。

[0015] 在上述电激励永磁开关技术方案中,所述软磁体和铁芯由硅钢片层叠或电工纯铁构成。

[0016] 为实现上述发明目的,本发明给出了一种以电激励永磁开关为基本组件的开关磁阻电动机,其构成包括有转子、定子、激励控制电源,其特征在于:该电动机的定子由电动机壳体与偶数个电激励永磁开关组件构成,所述电激励永磁开关组件由永磁体、软磁体、铁芯及励磁线圈构成,永磁体的两个磁极和绕有励磁线圈的铁芯的两端分别通过两块软磁体连接,在两块软磁体上设置有凸极,这些电激励永磁开关组件沿电动机壳体内壁环状均衡设置,这些电激励永磁开关组件彼此之间呈磁隔离状态,且每个电激励永磁开关组件的两个磁凸极呈轴向设置,该电动机的转子由转动轴与偶数个条状铁芯构成,偶数个条状铁芯沿转动轴径向均衡设置,每个条状铁芯有两个凸极,这两个凸极呈轴向设置,定子上的电激励永磁开关组件磁凸极与转子条状铁芯凸极之间相对设置并留有气隙,以转动轴为对称轴,两个轴对称位置上的定子电激励永磁开关组件励磁线圈串联或并联后作为一相接入激励控制电源。

[0017] 在上述开关磁阻电动机技术方案中,所述定子上的电激励永磁开关组件数量为6个或8个或10个或12个或14个或16个或18个,与上述定子上电激励永磁开关组件择一选定数量一一对应的转子条状铁芯数量为4个或6个或8个或10个或12个或14个或16个。上述定子上永磁开关组件数量与转子上条状铁芯数量的七种组合结构,相应地形成了开关磁阻电动机不同的步距角为30度、15度、9度、6度、4.28度、3.21度、2.5度。

[0018] 针对上述开关磁阻电动机技术方案,本发明给出了一种双相电激励方法,激励控制电源顺序循环地向定子上的M条相线供电,当定子上电激励永磁开关组件数量为12个,M为6。现设定,激励控制电源向定子开关组件的第一相供电时间段为 $T1_{定}$,激励控制电源向定子开关组件的第1相供电起始时刻为 $t1_{定开}$,激励控制电源向定子开关组件的第1相供电终止时刻为 $t1_{定关}$,激励控制电源向定子开关组件的第2相供电时间段为 $T2_{定}$,激励控制电源向定子开关组件的第2相供电起始时刻为 $t2_{定开}$,激励控制电源向定子开关组件的第2相供电终止时刻为 $t2_{定关}$,以此类推,激励控制电源向定子开关组件的第M相供电时间段为 $TM_{定}$,激励控制电源向定子开关组件的第M相供电起始时刻为 $tM_{定开}$,激励控制电源向定子开关组件的第M相供电终止时刻为 $tM_{定关}$,当激励控制电源向定子开关组件的第M相供电时间段 $TM_{定}$ 过程中,激励控制电源关闭向第(M-1)相的供电,激励控制电源关闭向第(M-1)相供电的时刻为 $t(M-1)_{定关}$,而激励控制电源开启向第1相供电的时刻为 $t1_{定开}$,时刻 $t1_{定开}$ 和时刻 $t(M-1)_{定关}$ 均处在 $TM_{定}$ 时间段内,且 $t1_{定开}$ 与 $t(M-1)_{定关}$ 之间存在时间差 $\Delta t_{定}$,即 $\Delta t_{定} = t(M-1)_{定关} - t1_{定开}$,仅在 $\Delta t_{定}$ 不为零时,激励控制电源同时向相邻三相的定子开关组件供电,当 $\Delta t_{定}$ 为零时,激励控制电源同时仅向相邻两相的定子开关组件供电,位置传感器将定子转子位置信号送至激励控制电源,再由该激励控制电源控制向定子各相线供电的起止时刻,进而控制电动机的运转状态。

[0019] 附图9、10中给出的是定子上的电激励永磁开关组件数量为八个,定子上的电激励永磁开关组件的磁凸极共有 8×2 个,转子条状铁芯数量为六个,转子条状铁芯的凸极共有 6×2 个电动机的结构示意图。定子上的电激励永磁开关组件磁凸极和转子凸极都是沿电动机转动轴轴向设置的。激励控制电源按时序顺序循环地向定子上电激励永磁开关组件某一相励磁线圈提供正向电流,使该相线的两个电激励永磁开关组件的磁凸极上产生叠加的复合磁场,位于轴对称位置的磁凸极能迅速吸合距离最近转子条状铁芯凸极,形成磁力扭矩,此时,电激励永磁开关组件的两个轴向设置磁凸极经转子条状铁芯上两个轴向设置

的凸极形成最短磁回路,即磁力线从电激励永磁开关组件的一个磁凸极经气隙进入转子条状铁芯上的一个凸极,再由转子该条状铁芯的另一个轴向凸极经气隙回到电激励永磁开关组件的另一个磁凸极,磁力线的方向是轴向绕行的,此磁力矩使得转子上条状铁芯凸极径向中心线与定子电激励永磁开关组件的磁凸极径向中心线重合,此刻电源改变定子这一相电激励永磁开关组件的激励电流为零,与此同时,激励控制电源依时序向另一相电激励永磁开关组件的励磁线圈提供正向电流,新得电相的定子电激励永磁开关组件的磁凸极则会吸引最靠近的转子条状铁芯凸极,进而使电动机转子产生旋转位移。此过程循环下去,激励控制电源所提供的激励电流与永磁体磁能势共同作用,以磁力矩的方式,推动转子持续转动。上述激励控制电源对附图 9 和附图 10 所示开关磁阻电动机采取的是传统地单相供电方式。针对此结构电激励永磁开关磁阻电动机,本发明还给出了另一种同时双相激励供电的电激励方法,该电激励方法的特点是,激励控制电源顺序循环地向定子上的四条相线供电,为描述方便清晰,如附图 11 所示,现设定,激励控制电源向定子开关组件的第一相供电时间段为 $T_{1定}$,激励控制电源向定子开关组件的第 1 相供电起始时刻为 $t_{1定开}$,激励控制电源向定子开关组件的第 1 相供电终止时刻为 $t_{1定关}$,激励控制电源向定子开关组件的第 2 相供电时间段为 $T_{2定}$,激励控制电源向定子开关组件的第 2 相供电起始时刻为 $t_{2定开}$,激励控制电源向定子开关组件的第 2 相供电终止时刻为 $t_{2定关}$,激励控制电源向定子开关组件的第 3 相供电时间段为 $T_{3定}$,激励控制电源向定子开关组件的第 3 相供电起始时刻为 $t_{3定开}$,激励控制电源向定子开关组件的第 3 相供电终止时刻为 $t_{3定关}$,激励控制电源向定子开关组件的第 4 相供电时间段为 $T_{4定}$,激励控制电源向定子开关组件的第 4 相供电起始时刻为 $t_{4定开}$,激励控制电源向定子开关组件的第 4 相供电终止时刻为 $t_{4定关}$,当激励控制电源向定子开关组件的第 4 相供电时间段 $T_{4定}$ 过程中,激励控制电源关闭向第 3 相的供电,激励控制电源关闭向第 3 相供电的时刻为 $t_{3定关}$,而激励控制电源开启向第 1 相供电的时刻为 $t_{1定开}$,时刻 $t_{1定开}$ 和时刻 $t_{3定关}$ 均处在 $T_{4定}$ 时间段内,且 $t_{1定开}$ 与 $t_{3定关}$ 之间存在时间差 $\Delta t_{定}$,即 $\Delta t_{定} = t_{3定关} - t_{1定开}$,即时刻 $t_{1定开}$ 先于时刻 $t_{3定关}$,仅在 $\Delta t_{定}$ 不为零时,激励控制电源同时向相邻三相的定子开关组件供电,当 $\Delta t_{定}$ 为零时,激励控制电源同时仅向相邻两相的定子开关组件供电,设置于定子和转子上的位置传感器将定子与转子位置信号送至激励控制电源,再由该激励控制电源控制向定子各相线供电的起止时刻,进而控制电动机运转状态。

[0020] 在上述电激励永磁开关磁阻电动机技术方案中,所述定子与所述转子构成一个电动机单体,再将两个以上这样的电动机单体的转动轴轴向连接,且不同电动机单体定子上的电激励永磁开关组件空间位置完全相同,即不同电动机单体定子上的电激励永磁开关组件凸极径向中心线重合,即不同单体定子上的电激励永磁开关组件之间围绕转动轴的旋转角为零度,而不同电动机单体转子凸极径向中心线之间围绕转动轴依次同方向的旋转角度为零度至三十度。当不同电动机单体转子凸极径向中心线之间围绕转动轴的旋转角度为零度时,此由电动机单体组合而成电动机的功率输出能成倍增加,而不需要增加电动机的外径,只需要加长电动机的轴向尺度。当不同电动机单体转子凸极径向中心线之间围绕转动轴的存在不为零度的旋转角度时,即不同电动机单体转子凸极径向中心线之间依次按相等的旋转角度 α 设置,此处的 α 角度大小与电动机定子上开关组件数量和转子上条状铁芯数量以及构成此种组合式电动机的电动机单体数量相关。附图 12 给出了一种组合式电动机的立体图,附图 12 中各电动机单体定子上的电激励永磁开关组件数量为八个,定子上的

电激励永磁开关组件的磁凸极共有 8×2 个,各电动机单体转子条状铁芯数量为六个,转子条状铁芯的凸极共有 6×2 个。附图 13、附图 14、附图 15 则给出了三个电动机单体的转子凸极径向中心线之间的旋转角度差,三个电动机单体如此设置相对地缩小了转动轴每一次受磁力矩作用的移动步长,即此组合式结构电动机的步距角 α 为三分之一单体电动机的步距角, α 为 5 度,从而可获得较多数量定子电激励永磁开关组件和较多转子凸极数量才能达到的运转效果,这样可以大大简化电动机的制造成本,显著抑制了转矩波动和噪声,使调速性能更好,运转平稳,同时节省能源,环保,发热低,加大了输出功率还为电动机精密控制角度提供了基础。

[0021] 针对附图 12 所示组合式电激励永磁开关磁阻电动机,一种电激励方法是,激励控制电源顺序循环地向各电动机单体定子上电激励永磁开关组件的四条相线中的一条相线供电,且不同电动机单体定子上所对应相线(即前层电动机单体的第一相 $(A-E)_1$ 与中间层电动机单体第一相 $(A-E)_2$ 与后层电动机单体的第一相 $(A-E)_3$ 是相应相线)的供电时刻之间存在一个固定的时差,该时差与不同电动机单体之间转子径向中心线的旋转角度 α 相关联。此电激励方法是传统单相线顺序循环供电方式在附图 12 所示组合式电激励永磁开关磁阻电动机上的简单应用。

[0022] 针对附图 12 所示组合式电激励永磁开关磁阻电动机,另一种电激励方法是“多相同步供电”,具体而言,激励控制电源顺序循环地向各电动机单体定子上电激励永磁开关组件的四条相线供电,激励控制电源始终同时向每个电动机单体相邻两相的定子开关组件供电,而在电源供电换相的短暂时间段内($\Delta t_{定}$ 不为零时)激励控制电源同时向相邻三相的定子开关组件供电,且不同电动机单体定子上所对应相线(即前层电动机单体的第一相 $(A-E)_1$ 与中间层电动机单体第一相 $(A-E)_2$ 与后层电动机单体的第一相 $(A-E)_3$ 是相应相线)的供电时刻之间存在一个固定的时差,该时差与不同电动机单体之间转子径向中心线的旋转角度 α 相关联。设置于电动机定子和转子上的位置传感器将定子转子位置信号送至激励控制电源,再由该激励控制电源控制向三个电动机单体定子各相线供电的起止时刻,进而控制三个电动机单体的运转状态。

[0023] 为实现上述发明目的,本发明还给出了另外一种以电激励永磁开关为基本组件的开关磁阻电动机,其构成包括有转子、定子、激励控制电源,该电动机的定子由电动机壳体与偶数个电激励永磁开关组件构成,这些定子上的电激励永磁开关组件沿电动机壳体内壁环状均衡设置,且这些定子上的电激励永磁开关组件彼此之间呈磁隔离状态,该电动机的转子由转动轴与偶数个电激励永磁开关组件构成,这些转子上的电激励永磁开关组件沿转动轴径向均衡设置,且这些转子上的电激励永磁开关组件彼此之间呈磁隔离状态,上述定子上的电激励永磁开关组件和转子上的电激励永磁开关组件由永磁体、软磁体、铁芯及励磁线圈构成,永磁体的两个磁极和绕有励磁线圈的铁芯的两端分别通过两块软磁体连接,在两块软磁体上设置有凸极,且每个电激励永磁开关组件的两个软磁体磁凸极呈轴向设置,定子上的电激励永磁开关组件中永磁体 N 极相连的软磁体凸极和转子上的电激励永磁开关组件中永磁体 S 极相连的软磁体凸极相对设置,定子上的电激励永磁开关组件磁凸极与转子上的电激励永磁开关组件磁凸极之间留有气隙,以转动轴为对称轴,轴对称位置上的两个定子电激励永磁开关组件的励磁线圈串联或并联后作为一相接入激励控制电源,转动轴轴对称位置上的两个转子电激励永磁开关组件励磁线圈串联或并联后作为一相接入

激励控制电源。

[0024] 在上述开关磁阻电动机技术方案中,所述定子上的电激励永磁开关组件数量为6个或8个或10个或12个或14个或16个或18个,与上述定子上电激励永磁开关组件择一选定数量一一对应的转子上的电激励永磁开关组件数量为4个或6个或8个或10个或12个或14个或16个。上述定子上永磁开关组件数量与转子上永磁开关组件数量的七种组合结构,相应地形成了不同的步距角30度、15度、9度、6度、4.28度、3.21度、2.5度。

[0025] 针对上述开关磁阻电动机技术方案,本发明给出了一种双相电激励方法,激励控制电源顺序循环地向定子上的M条相线供电,同时激励控制电源也顺序循环地向转子上的N条相线供电,当定子上的开关组件数量为12,M为6,则转子上的开关组件数量为10,N为5,现设定,激励控制电源向定子开关组件的第1相供电时间段为 $T_{1定}$,激励控制电源向定子开关组件的第1相供电起始时刻为 $t_{1定开}$,激励控制电源向定子开关组件的第1相供电终止时刻为 $t_{1定关}$,激励控制电源向定子开关组件的第2相供电时间段为 $T_{2定}$,激励控制电源向定子开关组件的第2相供电起始时刻为 $t_{2定开}$,激励控制电源向定子开关组件的第2相供电终止时刻为 $t_{2定关}$,以此类推,激励控制电源向定子开关组件的第M相供电时间段为 $T_{M定}$,激励控制电源向定子开关组件的第M相供电起始时刻为 $t_{M定开}$,激励控制电源向定子开关组件的第M相供电终止时刻为 $t_{M定关}$,当激励控制电源向定子开关组件的第M相供电时间段 $T_{M定}$ 过程中,激励控制电源关闭向第(M-1)相的供电,激励控制电源关闭向第(M-1)相供电的时刻为 $t_{(M-1)定关}$,而激励控制电源开启向第1相供电的时刻为 $t_{1定开}$,时刻 $t_{1定开}$ 和时刻 $t_{(M-1)定关}$ 均处在 $T_{M定}$ 时间段内,而且 $t_{1定开}$ 与 $t_{(M-1)定关}$ 之间存在时间差 $\Delta t_{定}$, $\Delta t_{定} = t_{(M-1)定关} - t_{1定开}$,仅在 $\Delta t_{定}$ 不为零时,即在时刻 $t_{1定开}$ 与 $t_{(M-1)定关}$ 时刻之间,激励控制电源同时向相邻三相的定子开关组件供电,当 $\Delta t_{定}$ 为零时,激励控制电源同时仅向相邻两相的定子开关组件供电;同理设定,激励控制电源顺序循环地向转子上的N相线供电,即激励控制电源向转子开关组件的第1相供电时间段为 $T_{1转}$,激励控制电源向转子开关组件的第1相供电起始时刻为 $t_{1转开}$,激励控制电源向转子开关组件的第1相供电终止时刻为 $t_{1转关}$,激励控制电源向转子开关组件的第2相供电时间段为 $T_{2转}$,激励控制电源向转子开关组件的第2相供电起始时刻为 $t_{2转开}$,激励控制电源向转子开关组件的第2相供电终止时刻为 $t_{2转关}$,以此类推,激励控制电源向转子开关组件的第N相供电时间段为 $T_{N转}$,激励控制电源向转子开关组件的第N相供电起始时刻为 $t_{N转开}$,激励控制电源向转子开关组件的第N相供电终止时刻为 $t_{N转关}$,当激励控制电源向转子开关组件的第N相供电时间段 $T_{N转}$ 过程中,激励控制电源关闭向第(N-1)相的供电,激励控制电源关闭向第(N-1)相供电的时刻为 $t_{(N-1)转关}$,而激励控制电源开启向第1相供电的时刻为 $t_{1转开}$,时刻 $t_{1转开}$ 和时刻 $t_{(N-1)转关}$ 均处在 $T_{N转}$ 时间段内,而且 $t_{(N-1)转关}$ 与 $t_{1转开}$ 之间存在时间差 $\Delta t_{转}$, $\Delta t_{转} = t_{1转开} - t_{(N-1)转关}$,在 $\Delta t_{转}$ 不为零时,即在时刻 $t_{1转开}$ 至 $t_{(N-1)转关}$ 时刻之间,激励控制电源向一相转子开关组件供电,当 $\Delta t_{转}$ 为零时,激励控制电源同时向两相转子开关组件供电,位置传感器将定子转子位置信号送至激励控制电源,再由该激励控制电源控制电动机定子和转子各相线供电的起止时刻,进而控制电动机的运转状态。

[0026] 附图16和附图17给出了一种开关磁阻电动机的具体结构,在该电动机中,定子上的电激励永磁开关组件数量为八个,共有 8×2 个磁凸极,转子上的电激励永磁开关组件数量为六个,共有 6×2 个磁凸极,以转动轴为对称轴,轴对称位置上的两个定子电激励永磁

开关组件的励磁线圈串联或并联后作为一相接入激励控制电源,共形成四相,转动轴轴对称位置上的两个转子电激励永磁开关组件励磁线圈串联或并联后作为一相接入激励控制电源,共形成三相。

[0027] 针对附图 16 和附图 17 结构电激励永磁开关磁阻电动机,本发明给出的一种电激励方法为,激励控制电源分别向该电动机定子和转子各单一相线电激励,该电动机定子和转子的初始位置如附图 18 所示。激励控制电源向定子和转子各单相线电激励通电时序如附图 19 所示。设置于该电动机定子和转子上位置传感器将定子转子位置信号送至激励控制电源,确定该电动机定子与转子的初始位置,再由该激励控制电源控制向电动机定子和转子各相线供电的起止时刻,进而控制电动机的运转状态。

[0028] 针对此结构电激励永磁开关磁阻电动机,本发明给出的另一种电激励方法是,激励控制电源顺序循环地向定子上的四条相线供电,同时激励控制电源也顺序循环地向转子上的三条相线供电,现设定,激励控制电源向定子开关组件的第 1 相供电时间段为 $T1_{定}$,激励控制电源向定子开关组件的第 1 相供电起始时刻为 $t1_{定开}$,激励控制电源向定子开关组件的第 1 相供电终止时刻为 $t1_{定关}$,激励控制电源向定子开关组件的第 2 相供电时间段为 $T2_{定}$,激励控制电源向定子开关组件的第 2 相供电起始时刻为 $t2_{定开}$,激励控制电源向定子开关组件的第 2 相供电终止时刻为 $t2_{定关}$,激励控制电源向定子开关组件的第 3 相供电时间段为 $T3_{定}$,激励控制电源向定子开关组件的第 3 相供电起始时刻为 $t3_{定开}$,激励控制电源向定子开关组件的第 3 相供电终止时刻为 $t3_{定关}$,激励控制电源向定子开关组件的第 4 相供电时间段为 $T4_{定}$,激励控制电源向定子开关组件的第 4 相供电起始时刻为 $t4_{定开}$,激励控制电源向定子开关组件的第 4 相供电终止时刻为 $t4_{定关}$,当激励控制电源向定子开关组件的第 4 相供电时间段 $T4_{定}$ 过程中,激励控制电源关闭向第 3 相的供电,激励控制电源关闭向第 3 相供电的时刻为 $t3_{定关}$,而激励控制电源开启向第 1 相供电的时刻为 $t1_{定开}$,时刻 $t1_{定开}$ 和时刻 $t3_{定关}$ 均处在 $T4_{定}$ 时间段内,而且 $t1_{定开}$ 与 $t3_{定关}$ 之间存在时间差 $\Delta t_{定}$, $\Delta t_{定} = t3_{定关} - t1_{定开}$,仅在 $\Delta t_{定}$ 不为零时,即在时刻 $t1_{定开}$ 与 $t3_{定关}$ 时刻之间,激励控制电源同时向相邻三相的定子开关组件供电,当 $\Delta t_{定}$ 为零时,激励控制电源同时仅向相邻两相的定子开关组件供电;同理设定,激励控制电源顺序循环地向转子上的三相线供电,即激励控制电源向转子开关组件的第 1 相供电时间段为 $T1_{转}$,激励控制电源向转子开关组件的第 1 相供电起始时刻为 $t1_{转开}$,激励控制电源向转子开关组件的第 1 相供电终止时刻为 $t1_{转关}$,激励控制电源向转子开关组件的第 2 相供电时间段为 $T2_{转}$,激励控制电源向转子开关组件的第 2 相供电起始时刻为 $t2_{转开}$,激励控制电源向转子开关组件的第 2 相供电终止时刻为 $t2_{转关}$,激励控制电源向转子开关组件的第 3 相供电时间段为 $T3_{转}$,激励控制电源向转子开关组件的第 3 相供电起始时刻为 $t3_{转开}$,激励控制电源向转子开关组件的第 3 相供电终止时刻为 $t3_{转关}$,当激励控制电源向转子开关组件的第 3 相供电时间段 $T3_{转}$ 过程中,激励控制电源关闭向第 2 相的供电,激励控制电源关闭向第 2 相供电的时刻为 $t2_{转关}$,而激励控制电源开启向第 1 相供电的时刻为 $t1_{转开}$,时刻 $t1_{转开}$ 和时刻 $t2_{转关}$ 均处在 $T3_{转}$ 时间段内,而且 $t2_{转关}$ 与 $t1_{转开}$ 之间存在时间差 $\Delta t_{转}$, $\Delta t_{转} = t1_{转开} - t2_{转关}$,在 $\Delta t_{转}$ 不为零时,即在时刻 $t2_{转关}$ 至 $t1_{转开}$ 时刻之间,激励控制电源向一相转子开关组件供电,当 $\Delta t_{转}$ 为零时,激励控制电源同时向两相转子开关组件供电,附图 20 给出的是此结构开关磁阻电动机定子与转子间初始位置示意图,附图 21 给出的是此结构开关磁阻电动机定子和转子双相线电激励情况下的通电时序图。设置于该

电动机定子和转子上的位置传感器将定子转子位置信号送至激励控制电源,确定该电动机定子与转子的初始位置,再由该激励控制电源控制向电动机定子和转子各相线供电的起止时刻,进而控制电动机的运转状态。激励控制电源按时序循环地为定子和转子上的各相电激励永磁开关组件励磁线圈提供正向电流,使定子和转子上各相电激励永磁开关组件的磁凸极上产生复合磁场。由于定子和转子电激励永磁开关组件的各个磁凸极呈轴向设置,同时各个磁凸极又是极性相反相对设置的,所以当激励控制电源向低阻的两相通入正向电流时,在定子和转子电激励永磁开关组件的磁凸极上所产生的复合磁场的方向一致,相互加强,形成具有气隙的闭合磁回路,产生磁力转矩,使转子旋转角度向磁力线拉直和最短磁路的方向偏转,此刻,激励控制电源依时序向另外一相定子电激励永磁开关组件励磁线圈和另外一相转子电激励永磁开关组件励磁线圈提供正向电流,得电转子上的磁凸极则会被最靠近的得电定子上的磁凸极所吸引而旋转位移,此过程循环下去,激励控制电源所提供的激励电能与定子和转子中永磁体的磁能势一起,以磁力矩的方式,推动转子持续转动。由于在定子和转子均设置了断电自行磁路的电激励永磁开关组件,彻底消除了电动机运转中转子和定子气隙之间的负扭矩,同时大大的增强了气隙的磁场强度,输出的转矩得到了显著提高。加上采用了双相导通和换向时间差处理的数控电激励电源,在加大输出功率提高功率体积比的同时还使传统开关磁阻电动机存在的转矩波动、噪声等严重缺陷得以解决,使电动机的调速和运转平稳可靠。体积更小、重量更轻,性价比更高。另外,激励控制电源按时序为定子和转子上各两相电激励永磁开关组件励磁线圈提供正向电流,可以抑制电动机的输出转矩的脉动,使得输出转矩更加平稳过渡,同时输出转矩也增加,另一方面对导通角的细分,可以细化定转子步距角,相当于步进电机的角度细化,为电动机的精确控制提供了基础。

[0029] 在上述电激励永磁开关磁阻电动机技术方案中,所述定子和所述转子构成一个电动机单体,再将两个以上这样的电动机单体的转动轴轴向连接,且使得不同电动机单体定子上的电激励永磁开关组件空间位置完全相同,即不同电动机单体定子上的电激励永磁开关组件凸极径向中心线在轴向重合,即不同单体定子上的电激励永磁开关组件之间围绕转动轴的旋转角为零度,而不同电动机单体转子上的电激励永磁开关组件凸极径向中心线之间围绕转动轴依次同方向旋转角度为零度至三十度;或者使得不同电动机单体转子上的电激励永磁开关组件空间位置完全相同,即不同电动机单体转子上的电激励永磁开关组件凸极径向中心线在轴向重合,即不同单体转子上的电激励永磁开关组件之间围绕转动轴的旋转角为零度,而不同电动机单体定子上的电激励永磁开关组件凸极径向中心线之间围绕转动轴依次同方向的旋转角度为零度至三十度。附图 22 给出了由三个电动机单体转动轴轴向连接的结构示意。该结构中,三个电动机单体定子上的电激励永磁开关组件数量为八个,共有 8×2 个磁凸极,转子上的电激励永磁开关组件数量为六个,共有 6×2 个磁凸极。此结构组合式开关磁阻电动机是由三个电动机单体分层且存在角度差的方式设置,从而将原来由一层电动机单体完成的步距角 15 度细分成三步来完成,即此结构组合式开关磁阻电动机的步距角度 α 为单层电动机单体步距角的三分之一, α 为 5 度。

[0030] 针对附图 22 所示组合式开关磁阻电动机,本发明给出的一种电激励方法为,激励控制电源分别向该三个电动机单体中定子和转子各单一相线电激励,每个电动机单体各自均采取顺序循环地向定子单相和转子单相的供电方式,但不同电动机单体定子上对应相线

(即前层电动机单体的第一相 (A-E)₁与中间电动机单体第一相 (A-E)₂与后层电动机单体的第一相 (A-E)₃是相应相线) 供电时刻之间存在一个固定的时差,不同电动机单体转子上对应相线(即前层电动机单体的第一相 (I-IV)₁与中间层电动机单体的第一相 (I-IV)₂与后层电动机单体的第一相 (I-IV)₃是相应相线) 供电时刻之间存在一个固定的时差,不同电动机单体定子和转子对应相线供电时差与不同电动机单体之间转子径向中心线的旋转角度 α 相关联。设置于该电动机定子和转子上的位置传感器将定子转子位置信号送至激励控制电源,确定该电动机定子与转子的初始位置,再由该激励控制电源控制向电动机定子和转子各相线供电的起止时刻,进而控制电动机的运转状态。

[0031] 针对附图 22 所示组合式开关磁阻电动机,本发明给出的另一种电激励方法是,激励控制电源顺序循环地向各电动机单体定子上的四条相线和转子上的三条相线供电,前层电动机单体定子与转子的初始位置如附 20 所示,中层电动机单体中转子初始位置与前层电动机单体转子初始位置之间存在有角度差 α ,而后层电动机单体中转子初始位置与中层电动机单体转子初始位置之间也存在有角度差 α ,各电动机单体的定子和转子励磁线圈供电时序如附图 21 所示。每个电动机单体各自均采取顺序循环地向定子单相和转子单相的供电方式,但不同电动机单体定子上对应相线(即前层电动机单体的第一相 (A-E)₁与中间层电动机单体第一相 (A-E)₂与后层电动机单体的第一相 (A-E)₃是相应相线) 供电时刻之间存在一个固定的时差,不同电动机单体转子上对应相线(即前层电动机单体的第一相 (I-IV)₁与中间层电动机单体的第一相 (I-IV)₂与后层电动机单体的第一相 (I-IV)₃是相应相线) 供电时刻之间也存在一个固定的时差,不同电动机单体定子和转子对应相线供电时差与不同电动机单体之间转子径向中心线的旋转角度 α 相关联。在定子开关组件电源供电换相的短暂时间段内 ($\Delta t_{\text{定}}$ 不为零时) 激励控制电源同时向同一单体的相邻三相的定子开关组件供电,而在转子开关组件电源供电换相的短暂时间段内 ($\Delta t_{\text{转}}$ 不为零时),激励控制电源只向一相转子开关组件供电,如附图 21 所示。设置于三个电动机单体定子和转子上的位置传感器将定子转子位置信号送至激励控制电源,再由该激励控制电源控制三个电动机单体定子和转子各相线供电的起止时刻,进而控制电动机的运转状态。此电激励及控制方法,使电动机的运转非常平稳、可靠,同时加大了功率输出,还为电动机的精密角度控制提供了基础。这种细分步距角结合邻近相同时供电的技术方案将为控制精度要求高,程控性优异的功率开关磁阻动力源电机的实现和发展奠定了坚实基础。

[0032] 当不同电动机单体定子上的电激励永磁开关组件空间位置完全相同,即不同电动机单体定子上的电激励永磁开关组件之间围绕转动轴的旋转角为零度,而不同电动机单体转子上的电激励永磁开关组件之间围绕转动轴的旋转角度也为零度时,此电动机的功率输出能成倍增加,而不需要增加电动机的外径,只需要加长电动机的轴向尺度。

[0033] 当不同电动机单体转子上的电激励永磁开关组件空间位置完全相同,即不同电动机单体转子上的电激励永磁开关组件之间围绕转动轴的旋转角为零度,而不同电动机单体定子上的电激励永磁开关组件之间围绕转动轴的旋转角度不是零度时,定子上开关组件呈递增式等分步距旋转角度差设置,同样也能相对地缩小了转动轴每一次受磁力矩作用的位移步长,从而获得较多数量定子电激励永磁开关组件和较多转子凸极数量才能达到的运转效果,这样可以大大简化电动机的制造成本。

[0034] 本发明的优点在于:

[0035] 1、电激励永磁开关有效地利用了永磁体固有的磁能势，使得在开关的磁凸极上可获得大于励磁电流能量所产生的磁场强度，当励磁线圈通入电流时，将静态永磁体磁场激励为动态变化的磁场。而当励磁线圈断电，励磁电流变为零时，电激励永磁开关的磁凸极上几乎没有了剩磁，永磁体所产生的磁力线几乎全部经软磁体和铁芯所构成的闭合回路，从N极回到了S极，形成磁短路状态，当电激励永磁开关的激励电流由正值变为零时，永磁体在磁短路过程中，磁力线方向和多少的变化，仍然能在励磁线圈中感应出可回收利用的电势，因而本发明电激励永磁开关具有潜在的节能效果。此外，电激励永磁开关中软磁体磁凸极靠近铁芯两端设置，缩短了永磁体磁短路回路的与负载磁回路的磁阻比。

[0036] 2、本发明开关磁阻电动机中，每个电激励永磁开关组件的两个磁凸极N极和S极呈轴向布置，形成平行于轴方向的闭合磁路。磁回路距离远小于现有的开关磁阻电动机，因而磁路损耗小、磁效率高、能获得更高的功率。

[0037] 3、本发明开关磁阻电动机的特殊构造，即磁回路为由轴向布置，故可以将两个以上此类开关磁阻电动机的转动轴连接起来，从而获得更大的输出功率，而制造成本大为节省。另外，还可以将两个以上完全相同的此类开关磁阻电动机的转子轴连接起来，并使各电动机之间存在一定的旋转角度差，再在激励控制电源的控制程序的基础上加入各电动机控制程序以达到细分步角，降低冲击抖动，可提高动转的平稳性和提高控制精度，此状况类似多缸发动机较少缸发动机运转要平稳一样。另外，本发明还通过电源双相互补导通的控制程序，提高电动机的输出功率。另外，本发明还给出了激励控制电源按时序为定子和转子上各两相电激励永磁开关组件励磁线圈提供正向电流，此电激励导通方式，一方面可以进一步抑制电动机的输出转矩的脉动，使得输出转矩更加平稳过渡，同时输出转矩也增加，另一方面对导通角的细分，可以细化定转子步距角，相当于步进电机的角度细化，为电动机的精确控制提供了基础。

[0038] 4、定子和转子上各电激励永磁开关组件之间是磁隔离的，避免了各相之间的磁干扰和漏磁，这样就可以实施双相互补导通的控制方式，大大的提高电机的输出功率和稳定性。

[0039] 5、本发明电动机是模块化积木式安装结构，每个电激励永磁开关组件为独立结构件，积木式拼装，生产工艺性好，一致性好，批量能力强，重量轻，节省材料，所有组件和单体积木式设计，能流水化生产，成本低，质量控制容易，工效高，品质高。

[0040] 6、本发明电动机是是永磁体磁势能和激励电流的电能混合励磁产生推动转子旋转的迭加磁力矩，因而节省能源、环保、低碳、高效率、电动机发热量低，可获扭矩显著提高。

[0041] 7、本发明电动机的基本组件—电激励永磁开关组件通常呈磁短路状态，定子磁凸极和转子磁凸极之间的气隙中无磁力线通过，装配时由于“模块自行短路”所以无永磁体磁场的强吸力，可以把精度、气隙做的精确，确保提高效率，同时也非常便于维护保养。

[0042] 8、本发明电动机还可以根据实际需要，方便地确定定子和转子中电激励永磁开关组件的数量，可方便地按一定的角度动作周期来设定每步之间的角度差，从而形成按一定次序输入电流则形成转子按一定规律转动的电机，因此具有极高的调控性、调速性和较高的性价比。同时也可控制电机系列增加一种全新高效、灵活的电机品种。

[0043] 9、本发明由于采取的是积木式组件，各组件之间是磁隔离的，所以各组件的连接座材料可以采用比重较小的铝合金或塑料合金之类的材料，这样可以大大的降低生产成

本、大幅度地降低电动机的自身重量,还可以把转子的自身重量降低使电机转子惯量更低,可提高控制精度和降低损耗。

附图说明

- [0044] 图 1 是电激励永磁开关之一的结构示意图。
- [0045] 图 2 是电激励永磁开关之二的结构示意图。
- [0046] 图 3 是电激励永磁开关之三的结构示意图。
- [0047] 图 4 是电激励永磁开关之四的结构示意图。
- [0048] 图 5 是电激励永磁开关之五的结构示意图。
- [0049] 图 6 是当励磁电流为零状态下,转子电激励永磁开关组件与定子电激励永磁开关组件相互位置关系和磁路示意图。
- [0050] 图 7 是当通入正向励磁电流时,转子电激励永磁开关组件与定子电激励永磁开关组件相互位置关系和磁路示意图。
- [0051] 图 8 是当通入反向励磁电流时,转子电激励永磁开关组件与定子电激励永磁开关组件相互位置关系和磁路示意图。
- [0052] 图 9 是本发明实施例一主要结构示意图。(定子有 8 个电激励永磁开关组件共 16 个磁凸极,转子有 6 个条状铁芯共 12 个凸极)
- [0053] 图 10 是本发明实施例一剖视图。
- [0054] 图 11 是本发明实施例一定子双相线电激励情况下通电时序图。
- [0055] 图 12 是本发明实施例二主要结构示意图。
- [0056] 图 13 是本发明实施例二第一电动机单体结构剖视示意图。
- [0057] 图 14 是本发明实施例二第二单体结构剖视示意图。
- [0058] 图 15 是本发明实施例二第三单体结构剖视示意图。
- [0059] 图 16 是本发明实施例三主要结构示意图。
- [0060] 图 17 是本发明实施例三主要结构剖视图。
- [0061] 图 18 是本发明实施例三定子和转子各单一相线电激励情况下初始位置图。
- [0062] 图 19 是本发明实施例三定子和转子各单相线电激励情况下通电时序图。
- [0063] 图 20 是本发明实施例三定子和转子各双相线电激励情况下初始位置图。
- [0064] 图 21 是本发明实施例三定子和转子各双相线电激励情况下通电时序图。
- [0065] 图 22 是本发明实施例四主要结构示意图。
- [0066] 以上附图中,11 是励磁线圈,12 是软磁体,13 是永磁体,14 是软磁体凸极,15 是软磁体凸极,16 是铁芯,21 是永磁体,22 是软磁体,23 是软磁体凸极,24 是铁芯,25 是励磁线圈,26 是软磁体凸极,31 是软磁体,32 是励磁线圈,33 是铁芯,34 是永磁体,35 是软磁体凸极,36 是受软磁体磁极影响并能沟通软磁体磁凸极之间磁通路的软磁体,37 是软磁体凸极,41 是软磁体,42 是永磁体,43 是铁芯,44 是软磁体凸极,45 是软磁体凸极,46 是励磁线圈,47 是永磁体,51 是软磁体凸极,52 是励磁线圈,53 是铁芯,54 是软磁体凸极,55 是永磁体,56 是软磁体,57 是永磁体,101 是励磁线圈,102 是软磁体凸极,103 是软磁体凸极,104 是铁芯,105 是条状铁芯凸极,106 是永磁体,107 是条状铁芯凸极,108 是转子轴座,109 是转动轴,111 是软磁体,112 是励磁线圈和铁芯,113 是条状铁芯的凸极,114 是软磁体磁凸极,

115 是条状铁芯,116 是转子轴座,117 是永磁体,201 是电动机单体一的定子开关组件 A(1) 的磁凸极,202 是电动机单体二的定子开关组件 A(2) 的磁凸极,203 是电动机单体一的定子开关组件 A(3) 的磁凸极,211 是电动机单体一的转子开关组件 I(1) 的磁凸极,212 是电动机单体二的转子开关组件 I(2) 的磁凸极,213 是电动机单体三的转子开关组件 I(3) 的磁凸极,301 是定子开关组件励磁线圈,302 是定子开关组件软磁体,303 是定子开关组件永磁体,304 是转动轴,305 是定子开关组件磁凸极,306 是转子开关组件磁凸极,311 是定子开关组件磁凸极,312 是定子开关组件铁芯,313 是定子开关组件永磁体,314 是转子开关组件磁凸极,315 是转动轴,316 是转子开关组件永磁体,317 是转子开关组件铁芯,318 是转子开关组件励磁线圈,319 是定子开关组件励磁线圈,

具体实施方式

[0067] 实施例一：

[0068] 本实施例结构如附图 9 所示,本实施例结构剖视如附图 10 所示。

[0069] 本实施例定子中有八个电激励永磁开关组件,这八个电激励永磁开关组件对称均衡地固定在电动机壳体内壁,电激励永磁开关组件中软磁体凸极 102 和软磁体凸极 103 的突出方向垂直于铁芯 104 和永磁体 106 所在的平面、指向电动机转轴 109。转子轴座 108 与转动轴 109 固定,六个条状铁芯以转动轴 109 为对称轴,对称均衡固定于转子轴座 108 上,每个条状铁芯有两个凸极,条状铁芯凸极 105 和条状铁芯凸极 107 的突出方向指向转动轴的径向。每个定子电激励永磁开关组件有两个磁凸极,这两个磁凸极 102、103 是沿转动轴轴向分布,八个定子开关组件共有 8×2 个磁凸极,而六个转子条状铁芯共有凸极数为 6×2 个,每个转子条状铁芯的凸极 107、105 也是沿转动轴轴向分布。定子开关组件磁凸极与转子条状铁芯凸极之间存在极小的气隙。电动机定子八个电激励永磁开关组件的励磁线圈两两串联或并联,形成四条相线,即定子开关组件 A 的励磁线圈与开关组件 E 的串联或并联,定子开关组件 B 的励磁线圈与开关组件 F 的串联或并联,定子开关组件 C 的励磁线圈与开关组件 G 的串联或并联,定子开关组件 D 的励磁线圈与开关组件 H 的串联或并联。

[0070] 本实施例中,激励控制电源可以逐个向定子单相供电。当激励控制电源向定子开关组件 A-E 相线的励磁线圈供电时,定子开关组件 A 和 E 的四个磁凸极就形成磁场,会吸引最临近转子两个条状铁芯的凸极,以形成最短的磁力线回路,此磁力矩促使转动轴转动一定角度(使定子和转子磁凸极的中心线重合),当开关组件 A 和 E 的四个磁凸极正对转子条状铁芯 I 和转子条状铁芯 IV 的四个凸极时,激励控制电源随即撤销向定子开关组件 A-E 相线的励磁线圈供电,定子开关组件 A 和 E 的四个磁凸极随即撤销对转子条状铁芯 I 和 IV 四个凸极的作用力,在撤销向 A-E 相线的励磁线圈供电的同时,激励控制电源向定子开关组件 B-F 相线的励磁线圈供电,B-F 相线定子开关组件的磁凸极同样会作用于最靠近的转子条状铁芯凸极,使转动轴再次被旋转一定角度。激励控制电源顺序地向各相定子开关组件的励磁线圈供电,就能使转动轴持续地旋转。附图 10 中定子与转子的位置表示了定子 D-H 相线正要得电,A-E 相线、B-F 相线无电和 C-G 相线正要失电的时刻。

[0071] 本实施例中,激励控制电源还可以采用顺序循环地同时向定子双相供电。进一步讲,当转子条状铁芯凸极径向中心线与旋转方向最近的一个定子开关组件磁凸极径向中心线小于一定圆心角度时,该定子相励磁绕组导通,产生使转动轴旋转方向的吸引力,当转子

旋转至转子条状铁芯凸极径向中心线与定子磁凸极径向中心线重合时,该相定子励磁线圈电流即关闭,这样,在电源控制程序的控制下,能始终保持定子上的电激励永磁开关组件至少有两相处在导通状态,这样在电动机转动轴转动的整个圆周内,可获得同方向旋转的并具有相与相之间旋转角度相重叠的磁扭矩,这样有效地解决了传统开关磁阻电动机的存在换相功率下降,旋转冲击抖动不平稳的严重缺陷,同时也提高了输出功率的体积比。附图 11 给出了本实施例激励控制电源向定子上八个电激励永磁开关组件顺序供电时序图。

[0072] 实施例二:

[0073] 本实施例结构如附图 12 所示。

[0074] 本实施例是以上述实施例一所给出电动机为基础,进一步结构而成的。上述实施例一所给出电动机成为本实施例中的一个电动机单体。将三个电动机单体共用一根转动轴。如附图 12 所示,三个电动机单体的定子间相对位置关系完全相同,即三个电动机单体的定子开关组件磁凸极径向中心线之间没有旋转的角度差,而三个电动机单体的转子条状铁芯凸极径向中心线相互之间则设置有旋转角度差 α ,附图 13 给出了处在最前层电动机单体的剖视图,附图 14 给出了处在中间层电动机单体的剖视图,附图 15 给出了处在最后层电动机单体的剖视图。图中的 α 角即不同电动机单体转子条状铁芯凸极径向中心线之间安装设置的旋转角度, α 为 5 度。如此设置三个电动机单体,实现了细分单体电机的步距角,同时在旋转的任何角度都有多层多相同时供电而产生旋转扭矩。提高了输出功率,达到多对凸极开关磁阻电动机平稳启动和运转的效果。

[0075] 针对本实施例给出的组合式电激励永磁开关磁阻电动机,每个电动机单体各自均采用顺序循环地向定子单相供电方式,但不同电动机单体定子上对应相线(即前层电动机单体的第一相(A-E)₁与中间电动机单体第一相(A-E)₂与后层电动机单体的第一相(A-E)₃是相应相线)供电时刻之间存在一个固定的时差,该时差与不同电动机单体之间转子径向中心线的旋转角度 α 相关联。设置于电动机定子和转子上的位置传感器将定子转子位置信号送至激励控制电源,再由该激励控制电源控制向三个电动机单体定子各相线供电的起止时刻,进而控制三个电动机单体的运转状态。

[0076] 针对本实施例给出的组合式电激励永磁开关磁阻电动机,每个电动机单体也可以采用顺序循环地向各自定子双相供电方式,且不同电动机单体定子上所对应相线(即前层电动机单体的第一相(A-E)₁与中间电动机单体第一相(A-E)₂与后层电动机单体的第一相(A-E)₃是相应相线)的供电时刻之间存在一个固定的时差,该时差与不同电动机单体之间转子径向中心线的旋转角度 α 相关联。此种供电方式,激励控制电源始终同时向三个电动机单体各自相邻两相的定子开关组件供电,而在电源供电换相的短暂时间段内($\Delta t_{\text{定}}$ 不为零时)激励控制电源同时向相邻三相的定子开关组件供电,设置于电动机定子和转子上的位置传感器将定子转子位置信号送至激励控制电源,再由该激励控制电源控制向三个电动机单体定子各相线供电的起止时刻,进而控制三个电动机单体的运转状态。

[0077] 实施例三:

[0078] 本实施例结构如附图 16 和附图 17 所示。

[0079] 本实施例定子由八个电激励永磁开关组件构成,这八个电激励永磁开关组件对称均衡地固定在电动机壳体内,且定子上的八个电激励永磁开关组件彼此之间呈磁隔离状态,定子电激励永磁开关组件中软磁体凸极 305 的突出方向垂直于铁芯励磁线圈 301 和永

磁体 303 所在的平面、并指向电动机转轴 304。每个定子电激励永磁开关组件有两个磁凸极,这两个磁凸极是沿转动轴轴向分布,八个开关组件共有 8×2 个磁凸极。本实施例转子由六个电激励永磁开关组件构成,这六个电激励永磁开关组件对称均衡地固定于转子轴座外围,且转子轴座外围六个电激励永磁开关组件彼此之间呈磁隔离状态,六个转子电激励永磁开关组件中磁凸极 306 突出方向指向转动轴的径向,六个转子开关组件磁凸极数为 6×2 个,每两个磁凸极为一组,每组两个凸极都是沿转动轴轴向分布,定子开关组件磁凸极与转子开关组件磁凸极之间对齐设置并存在极小的气隙。电动机定子八个电激励永磁开关组件的励磁线圈两两串联或并联,共构成四条相线,即定子开关组件 A 的励磁线圈与开关组件 E 的串联或并联,定子开关组件 B 的励磁线圈与开关组件 F 的串联或并联,定子开关组件 C 的励磁线圈与开关组件 G 的串联或并联,定子开关组件 D 的励磁线圈与开关组件 H 的串联或并联,形成了四相线,即定子 A-E 相线、定子 B-F 相线、定子 C-G 相线和定子 D-H 相线。电动机转子六个电激励永磁开关组件的励磁线圈也两两串联或并联,即转子开关组件 I 的励磁线圈与开关组件 IV 的串联或并联,转子开关组件 II 的励磁线圈与开关组件 V 的串联或并联,转子开关组件 III 的励磁线圈与开关组件 VI 的串联或并联,共构成了三条相线,即转子 I-IV 相线、转子 II-V 相线和转子 III-VI 相线。定子的四条相线和转子的三条相线,分别由激励控制电源按规定的时序供电。

[0080]

定子通电顺序	转子通电顺序(对应)
--------	------------

[0081] 本实施例定子和转子的一种电激励方法是:激励控制电源同时顺序循环地向定子的一个相线和转子的一个相线提供激励电能。下面给出本实施例定子和转子同时各有一条相线导通供电的具体情形:

[0082] 为了叙述的方便,将环形布置的定子开关组件和转子开关组件都展开使其平铺于平面内,得到其初始的定子与转子位置示意图,如附图 18 所示。主要有以下三种情况:

[0083] ①定子 A-E 相与转子 I-IV 相绕组为重合时作为它的初始位置,其余各相依次按照顺序通电即可。

[0084] ②定子 A-E 相与转子 II-V 相绕组为重合时作为它的初始位置,其余各相依次按照顺序通电即可。

[0085] ③定子 A-E 相与转子 III-VI 相绕组为重合时作为它的初始位置,其余各相依次按照顺序通电即可。

[0086] 附图 18 中选择本实施例定子 A-E 相与转子某一相重合作为初始位置,是为了叙述的方便,当然实际中也会出现不对齐的情况,可根据实际情况来决定向定子哪相和转子哪相同时励磁。

[0087] 选择单相供电励磁,虽然使得电动机的控制脉冲变得简单,但会增加其输出转矩的脉动。由于图 18 的定子与转子初始位置有三种情况,这里我们只选择情况①举例说明其通电的相序流程图,其它两种情况也类似。以情况①的定转子初始位置作为永磁开关磁阻电动机的实际定转子位置,其定子和转子各单一相线电激励情况下通电的相序流程如附表一所示。

[0088] 附表一:

[0089]

(B-F)	(II-V)
(C-G)	(III-VI)
(D-H)	(I-IV)
(A-E)	(II-V)
(B-F)	(III-VI)
(C-G)	(I-IV)
(D-H)	(II-V)
(A-E)	(III-VI)
(B-F)	(I-IV)
(C-G)	(II-V)
(D-H)	(III-VI)
(A-E)	(I-IV)
(B-F)	(II-V)

[0090] 从附表一中可以看到第 1 行和第 13 行重复,说明经过 12 个相序后,将会重复前面的通电顺序,也就是说 12 个相序为其通电的一个周期,其后就不停重复这个周期。对于情况②③是相同的,只是开始的情况不一样,情况②是从表 1 的第 5 行开始起通电时序,然后往下执行通电相序,也是以 12 个相序为一个周期;情况③是从表 1 的第 9 行开始起通电时序,然后往下执行器通电相序,也是以 12 个相序为一个周期。

[0091] 对于图 18 所示情况①作为其定转子实际的初始位置,得出了定子和转子单相通电的时序图,如附图 19 所示。从附图 19 中可以得出,当永磁开关磁阻电动机单相通电时,其每相导通的角度为 15° ,当某一相通电 15° 后,定转子相互重合,这时开始定转子同时换到下一相,保证了不管什么时候定转子上只有对应的各一相通电。从图 19 还可看出,定子每相导通 15° 后,关断 45° ,然后再次导通;转子由于是三相线结构,转子每相导通 15° ,关断 30° ,然后再导通,依次往返。因此单相导通相比于多相导通,其控制更简单,同时由于转子设置有电激励永磁开关组件,所以输出转矩明显提高。

[0092] 本实施例定子和转子的另一种电激励方法是:激励控制电源始终保持向定子开关组件至少两相供电,与此同时,激励控制电源还始终保持向转子开关组件至少一相供电。此电激励方式,一方面可以增加电动机的输出转矩,另一方面对转矩波动也起到互补作用,使得转矩波动变得比单相励磁时的转矩波动小了很多。下面给出本实施例定子和转子相线导通供电的具体情形:

[0093] 为了叙述的方便,将环形布置的定子开关组件和转子开关组件都展开使其平铺于平面内,得到其初始定转子位置示意图,如附图 20 所示。主要有以下情况:定子 $T_{1\text{定}}$ 相与转子 $T_{1\text{转}}$ 相绕组为重合时作为它的初始位置,其余各相依次按照顺序通电即可。

[0094] 图 20 中选择 $T_{1\text{定}}$ 相与转子某一相重合作为初始位置,是为了下面叙述的方便,当然实际中也会出现不对齐的情况,可根据实际情况来决定。

[0095] 由图 20 的定子与转子初始位置作为永磁开关磁阻电动机的实际定转子位置,其两相相通电的相序流程图如附表二所示。

[0096] 附表二:

[0097]

定子通电顺序	转子通电顺序(对应)
B-F、C-G	II-V、III-VI
C-G、D-H	III-VI、I-IV
D-H、A-E	I-IV、II-V
A-E、B-F	II-V、III-VI
B-F、C-G	III-VI、I-IV
C-G、D-H	I-IV、II-V
D-H、A-E	II-V、III-VI
A-E、B-F	III-VI、I-IV
B-F、C-G	I-IV、II-V
C-G、D-H	II-V、III-VI
D-H、A-E	III-VI、I-IV
A-E、B-F	I-IV、II-V
B-F、C-G	II-V、III-VI

[0098] 从附表二中可以看到第一行和第十三行重复,说明经过十二个相序后,将会重复前面的通电顺序,也就是说十二个相序为其通电的一个周期,其后就不停重复这个周期。

[0099] 以图 20 所示情况作为其定子和转子实际的初始位置,根据定子和转子的实际尺寸情况,还可以得出两相通电的时序图,如图 21 所示。定子换相时,提前导通下一相,保证了换相时其输出转矩的不减小,反而增大,避免了传统电机在换相时输出转矩的“死点”;转子开通时,滞后一定的角度,使得负转矩尽量小。以图 20 和时序流程表 2 为例来说明定子提前导通和转子滞后导通的情况:当定子 $T_{2\text{定}}$ 和 $T_{2\text{转}}$ 通电时,根据时序表,此时定子 $T_{3\text{定}}$ 和

转子 $T3_{\text{转}}$ 也应该导通,从图 20 还可看出此时 $T3_{\text{转}}$ 与 $T4_{\text{定}}$ 有部分重合,这样会产生负方向的扭矩,因此,使得转子 $T3_{\text{转}}$ 滞后一定的角度导通,就是为了使负扭矩尽可能的小,不影响其输出功率;同时定子 $T3_{\text{定}}$ 在 $T1_{\text{定}}$ 未关断时就导通,一方面可以避免换相的功率的丢失,降低转矩波动和噪声,另一方面也加大对转子 $T3_{\text{转}}$ 的正扭矩,从而增大输出功率。

[0100] 从图 21 中可以得出,当永磁开关磁阻电动机两相通电时,其每相导通的时间明显增加,所以其输出转矩也增大,同时两相互补导通,保证了正转矩的平稳过渡,对于抑制转矩波动及噪声也有很大的作用。从图 21 可看出,定子提前导通,每相导通 30° 后,关断 30° ,然后再次导通,相比与单相导通 15° 来说,转矩明显增大了很多;转子由于是三相结构,转子每相导通小于 30° ,关断大于 15° ,然后再导通,依次往返,增加了导通时间,缩短了关断时间,提高了电机的输出转矩及其效率。因此两相导通相比于单相导通,虽然控制复杂了许多,但总的来说,其性能优于单相导通,同时对转矩脉动起到了很好的抑制作用。

[0101] 附图 20 给出了本实施例定子与转子初始位置状态,即以定子 $T1_{\text{定}}$ 相与转子 $T1_{\text{转}}$ 相绕组为重合时作为它的初始位置。由于是两相通电,所以接下来根据时序表应该是:定子 $T2_{\text{定}}$ 、 $T3_{\text{定}}$ 和转子 $T2_{\text{转}}$ 、 $T3_{\text{转}}$ 通电导通。定子 $T3_{\text{定}}$ 在定子 $T1_{\text{定}}$ 相与转子 $T1_{\text{转}}$ 相绕组为重合前一定角度就通电导通,也就是定子 $T3_{\text{定}}$ 提前导通;当定子 $T1_{\text{定}}$ 相与转子 $T1_{\text{转}}$ 相绕组为重合时,定子 $T1_{\text{定}}$ 相与转子 $T1_{\text{转}}$ 相绕组同时关断;定子 $T1_{\text{定}}$ 相与转子 $T1_{\text{转}}$ 相绕组过了重合线一定角度后,才给转子 $T3_{\text{转}}$ 通电导通,也就是转子 $T3_{\text{转}}$ 滞后导通,接下来就依次执行下去就行了。选择两相同时励磁,一方面可以增加电动机的输出转矩,另一方面对转矩波动也起到互补作用,使得转矩波动变得比单相励磁时的转矩波动小了很多。

[0102] 实施例四:

[0103] 本实施例结构如附图 22 所示。

[0104] 本实施例是上述实施例三基础之上结构而成的。上述实施例三成为本实施例中的一个电动机单体。三个电动机单体共用一根转动轴。三个电动机单体的定子上开关组件磁凸极径向中心线完全重合,没有径向的角度差,而三个电动机单体的转子上开关组件磁凸极径向中心线则相互之间依次设置有角度差 α 为 5° , (参见附图 13、附图 14 和附图 15)。本实施例将三个电动机单体按同一转动轴,前、中、后三层构成组合式开关磁阻电动机,此结构用轴向角度差的设置方法,取代传统开关磁组电动机在径向增设磁对极数量来达到有限的细化步距角的方法,使组合式开关磁阻电动机一方面可以抑制电动机的输出转矩的脉动,使得输出转矩更加平稳过渡,另一方面对导通角的细分,可以细化定转子步距角,相当于步进电机的角度细化,为电动机的精确控制提供了基础。

[0105] 针对本实施例给出的组合式电激励永磁开关磁阻电动机,激励控制电源的一种电激励方法是:每个电动机单体各自均采取顺序循环地向定子单相和转子单相的供电方式,但不同电动机单体定子上对应相线(即前层电动机单体的第一相 $(A-E)_1$ 与中间电动机单体第一相 $(A-E)_2$ 与后层电动机单体的第一相 $(A-E)_3$ 是相应相线)供电时刻之间存在一个固定的时差,不同电动机单体转子上对应相线(即前层电动机单体的第一相 $(I-IV)_1$ 与中间层电动机单体的第一相 $(I-IV)_2$ 与后层电动机单体的第一相 $(I-IV)_3$ 是相应相线)供电时刻之间存在一个固定的时差,不同电动机单体定子和转子对应相线供电时差与不同电动机单体之间转子径向中心线的旋转角度 α 相关联。设置于电动机定子和转子上的位置传感器将定子转子位置信号送至激励控制电源,再由该激励控制电源控制向三个电动机单体

定子各相线供电的起止时刻,进而控制三个电动机单体的运转状态。各电动机单体中定子和转子各单一相线电激励情况下通电的相序流程如附表三所示。

[0106] 附表三:

[0107]

定子通电顺序	转子通电顺序 (对应)
(A-E) ₁	(I-IV) ₁
(A-E) ₂	(I-IV) ₂
(A-E) ₃	(I-IV) ₃
(B-F) ₁	(II-V) ₁
(B-F) ₂	(II-V) ₂
(B-F) ₃	(II-V) ₃
(C-G) ₁	(III-VI) ₁
(C-G) ₂	(III-VI) ₂
(C-G) ₃	(III-VI) ₃
(D-H) ₁	(I-IV) ₁
(D-H) ₂	(I-IV) ₂
(D-H) ₃	(I-IV) ₃
(A-E) ₁	(II-V) ₁
(A-E) ₂	(II-V) ₂
(A-E) ₃	(II-V) ₃
(B-F) ₁	(III-VI) ₁
(B-F) ₂	(III-VI) ₂
(B-F) ₃	(III-VI) ₃
(C-G) ₁	(I-IV) ₁
(C-G) ₂	(I-IV) ₂

(C-G) ₃	(I-IV) ₃
(D-H) ₁	(II-V) ₁
(D-H) ₂	(II-V) ₂
(D-H) ₃	(II-V) ₃
(A-E) ₁	(III-VI) ₁
(A-E) ₂	(III-VI) ₂
(A-E) ₃	(III-VI) ₃
(B-F) ₁	(I-IV) ₁
(B-F) ₂	(I-IV) ₂
(B-F) ₃	(I-IV) ₃
(C-G) ₁	(II-V) ₁
(C-G) ₂	(II-V) ₂
(C-G) ₃	(II-V) ₃
(D-H) ₁	(III-VI) ₁
(D-H) ₂	(III-VI) ₂
(D-H) ₃	(III-VI) ₃

[0108]

(A-E) ₁	(I-IV) ₁
--------------------	---------------------

[0109] 从附表三中可以看到,第一行和第三十七行重复,说明经过三个电动机单体共计三十六个相序后,将会重复前面的通电顺序,也就是说三十六个相序为其通电的一个周期,其后就不停重复这个周期。

[0110] 针对本实施例给出的组合式电激励永磁开关磁阻电动机,激励控制电源的另一种电激励方法是:每个电动机单体也可以采用顺序循环地向各自定子双相供电方式,且不同电动机单体定子上所对应相线(即前层电动机单体的第一相(A-E)₁与中间电动机单体第一相(A-E)₂与后层电动机单体的第一相(A-E)₃是相应相线)的供电时刻之间存在一个固定的时差,该时差与不同电动机单体之间转子径向中心线的旋转角度 α 相关联。此种供电方式,激励控制电源始终同时向三个电动机单体各自相邻两相的定子开关组件供电和三个电动机单体各自相邻两相的转子开关组件供电,而在电源向三个电动机单体的定子开关组

件供电换相的短暂时间段内 ($\Delta t_{定}$ 不为零时) 激励控制电源同时向三个电动机单体相邻三相的定子开关组件供电, 在电源向三个电动机单体的转子开关组件供电换相过程中, 即在 $\Delta t_{转}$ 不为零时, 激励控制电源向三个电动机单体中各自一相转子开关组件供电, 当 $\Delta t_{转}$ 为零时, 激励控制电源同时向三个电动机单体中各自两相转子开关组件供电。设置于电动机定子和转子上位置传感器将定子转子位置信号送至激励控制电源, 再由该激励控制电源控制向三个电动机单体定子和转子各相线供电的起止时刻, 进而控制三个电动机单体的运转状态。本实施例中各电动机单体中定子和转子各双相线电激励情况下通电的相序流程如附表四所示。

[0111] 附表四:

[0112]

定子通电顺序			转子通电顺序(对应)		
第一单体	第二单体	第三单体	第一单体	第二单体	第三单体
(A-E) ₁ 、(B-F) ₁			(I-IV) ₁ 、(II-V) ₁		
(B-F) ₁ 、(C-G) ₁	(A-E) ₂ 、(B-F) ₂		(II-V) ₁ 、(III-VI) ₁	(I-IV) ₂ 、(II-V) ₂	
(B-F) ₁ 、(C-G) ₁	(B-F) ₂ 、(C-G) ₂	(A-E) ₃ 、(B-F) ₃	(II-V) ₁ 、(III-VI) ₁	(II-V) ₂ 、(III-VI) ₂	(I-IV) ₃ 、(II-V) ₃
(B-F) ₁ 、(C-G) ₁	(B-F) ₂ 、(C-G) ₂	(B-F) ₃ 、(C-G) ₃	(II-V) ₁ 、(III-VI) ₁	(II-V) ₂ 、(III-VI) ₂	(II-V) ₃ 、(III-VI) ₃
(C-G) ₁ 、(D-H) ₁	(B-F) ₂ 、(C-G) ₂	(B-F) ₃ 、(C-G) ₃	(III-VI) ₁ 、(I-IV) ₁	(II-V) ₂ 、(III-VI) ₂	(II-V) ₃ 、(III-VI) ₃
(C-G) ₁ 、(D-H) ₁	(C-G) ₂ 、(D-H) ₂	(B-F) ₃ 、(C-G) ₃	(III-VI) ₁ 、(I-IV) ₁	(III-VI) ₂ 、(I-IV) ₂	(II-V) ₃ 、(III-VI) ₃
(C-G) ₁ 、(D-H) ₁	(C-G) ₂ 、(D-H) ₂	(C-G) ₃ 、(D-H) ₃	(III-VI) ₁ 、(I-IV) ₁	(III-VI) ₂ 、(I-IV) ₂	(III-VI) ₃ 、(I-IV) ₃
(D-H) ₁ 、(A-E) ₁	(C-G) ₂ 、(D-H) ₂	(C-G) ₃ 、(D-H) ₃	(I-IV) ₁ 、(II-V) ₁	(III-VI) ₂ 、(I-IV) ₂	(III-VI) ₃ 、(I-IV) ₃
(D-H) ₁ 、(A-E) ₁	(D-H) ₂ 、(A-E) ₂	(C-G) ₃ 、(D-H) ₃	(I-IV) ₁ 、(II-V) ₁	(I-IV) ₂ 、(II-V) ₂	(III-VI) ₃ 、(I-IV) ₃
(D-H) ₁ 、(A-E) ₁	(D-H) ₂ 、(A-E) ₂	(D-H) ₃ 、(A-E) ₃	(I-IV) ₁ 、(II-V) ₁	(I-IV) ₂ 、(II-V) ₂	(I-IV) ₃ 、(II-V) ₃
(A-E) ₁ 、(B-F) ₁	(D-H) ₂ 、(A-E) ₂	(D-H) ₃ 、(A-E) ₃	(II-V) ₁ 、(III-VI) ₁	(I-IV) ₂ 、(II-V) ₂	(I-IV) ₃ 、(II-V) ₃
(A-E) ₁ 、(B-F) ₁	(A-E) ₂ 、(B-F) ₂	(D-H) ₃ 、(A-E) ₃	(II-V) ₁ 、(III-VI) ₁	(II-V) ₂ 、(III-VI) ₂	(I-IV) ₃ 、(II-V) ₃
(A-E) ₁ 、(B-F) ₁	(A-E) ₂ 、(B-F) ₂	(A-E) ₃ 、(B-F) ₃	(II-V) ₁ 、(III-VI) ₁	(II-V) ₂ 、(III-VI) ₂	(II-V) ₃ 、(III-VI) ₃
(B-F) ₁ 、(C-G) ₁	(A-E) ₂ 、(B-F) ₂	(A-E) ₃ 、(B-F) ₃	(III-VI) ₁ 、(I-IV) ₁	(II-V) ₂ 、(III-VI) ₂	(II-V) ₃ 、(III-VI) ₃

[0113]

(B-F) ₁ 、(C-G) ₁	(B-F) ₂ 、(C-G) ₂	(A-E) ₃ 、(B-F) ₃	(III-VI) ₁ 、(I-IV) ₁	(III-VI) ₂ 、(I-IV) ₂	(II-V) ₃ 、(III-VI) ₃
(B-F) ₁ 、(C-G) ₁	(B-F) ₂ 、(C-G) ₂	(B-F) ₃ 、(C-G) ₃	(III-VI) ₁ 、(I-IV) ₁	(III-VI) ₂ 、(I-IV) ₂	(III-VI) ₃ 、(I-IV) ₃
(C-G) ₁ 、(D-H) ₁	(B-F) ₂ 、(C-G) ₂	(B-F) ₃ 、(C-G) ₃	(I-IV) ₁ 、(II-V) ₁	(III-VI) ₂ 、(I-IV) ₂	(III-VI) ₃ 、(I-IV) ₃
(C-G) ₁ 、(D-H) ₁	(C-G) ₂ 、(D-H) ₂	(B-F) ₃ 、(C-G) ₃	(I-IV) ₁ 、(II-V) ₁	(I-IV) ₂ 、(II-V) ₂	(III-VI) ₃ 、(I-IV) ₃
(C-G) ₁ 、(D-H) ₁	(C-G) ₂ 、(D-H) ₂	(C-G) ₃ 、(D-H) ₃	(I-IV) ₁ 、(II-V) ₁	(I-IV) ₂ 、(II-V) ₂	(I-IV) ₃ 、(II-V) ₃
(D-H) ₁ 、(A-E) ₁	(C-G) ₂ 、(D-H) ₂	(C-G) ₃ 、(D-H) ₃	(II-V) ₁ 、(III-VI) ₁	(I-IV) ₂ 、(II-V) ₂	(I-IV) ₃ 、(II-V) ₃
(D-H) ₁ 、(A-E) ₁	(D-H) ₂ 、(A-E) ₂	(C-G) ₃ 、(D-H) ₃	(II-V) ₁ 、(III-VI) ₁	(II-V) ₂ 、(III-VI) ₂	(I-IV) ₃ 、(II-V) ₃
(D-H) ₁ 、(A-E) ₁	(D-H) ₂ 、(A-E) ₂	(D-H) ₃ 、(A-E) ₃	(II-V) ₁ 、(III-VI) ₁	(II-V) ₂ 、(III-VI) ₂	(II-V) ₃ 、(III-VI) ₃
(A-E) ₁ 、(B-F) ₁	(D-H) ₂ 、(A-E) ₂	(D-H) ₃ 、(A-E) ₃	(III-VI) ₁ 、(I-IV) ₁	(II-V) ₂ 、(III-VI) ₂	(II-V) ₃ 、(III-VI) ₃
(A-E) ₁ 、(B-F) ₁	(A-E) ₂ 、(B-F) ₂	(D-H) ₃ 、(A-E) ₃	(III-VI) ₁ 、(I-IV) ₁	(III-VI) ₂ 、(I-IV) ₂	(II-V) ₃ 、(III-VI) ₃
(A-E) ₁ 、(B-F) ₁	(A-E) ₂ 、(B-F) ₂	(A-E) ₃ 、(B-F) ₃	(III-VI) ₁ 、(I-IV) ₁	(III-VI) ₂ 、(I-IV) ₂	(III-VI) ₃ 、(I-IV) ₃
(B-F) ₁ 、(C-G) ₁	(A-E) ₂ 、(B-F) ₂	(A-E) ₃ 、(B-F) ₃	(I-IV) ₁ 、(II-V) ₁	(III-VI) ₂ 、(I-IV) ₂	(III-VI) ₃ 、(I-IV) ₃
(B-F) ₁ 、(C-G) ₁	(B-F) ₂ 、(C-G) ₂	(A-E) ₃ 、(B-F) ₃	(I-IV) ₁ 、(II-V) ₁	(I-IV) ₂ 、(II-V) ₂	(III-VI) ₃ 、(I-IV) ₃
(B-F) ₁ 、(C-G) ₁	(B-F) ₂ 、(C-G) ₂	(B-F) ₃ 、(C-G) ₃	(I-IV) ₁ 、(II-V) ₁	(I-IV) ₂ 、(II-V) ₂	(I-IV) ₃ 、(II-V) ₃
(C-G) ₁ 、(D-H) ₁	(B-F) ₂ 、(C-G) ₂	(B-F) ₃ 、(C-G) ₃	(II-V) ₁ 、(III-VI) ₁	(I-IV) ₂ 、(II-V) ₂	(I-IV) ₃ 、(II-V) ₃
(C-G) ₁ 、(D-H) ₁	(C-G) ₂ 、(D-H) ₂	(B-F) ₃ 、(C-G) ₃	(II-V) ₁ 、(III-VI) ₁	(II-V) ₂ 、(III-VI) ₂	(I-IV) ₃ 、(II-V) ₃
(C-G) ₁ 、(D-H) ₁	(C-G) ₂ 、(D-H) ₂	(C-G) ₃ 、(D-H) ₃	(II-V) ₁ 、(III-VI) ₁	(II-V) ₂ 、(III-VI) ₂	(II-V) ₃ 、(III-VI) ₃
(D-H) ₁ 、(A-E) ₁	(C-G) ₂ 、(D-H) ₂	(C-G) ₃ 、(D-H) ₃	(III-VI) ₁ 、(I-IV) ₁	(II-V) ₂ 、(III-VI) ₂	(II-V) ₃ 、(III-VI) ₃
(D-H) ₁ 、(A-E) ₁	(D-H) ₂ 、(A-E) ₂	(C-G) ₃ 、(D-H) ₃	(III-VI) ₁ 、(I-IV) ₁	(III-VI) ₂ 、(I-IV) ₂	(II-V) ₃ 、(III-VI) ₃
(D-H) ₁ 、(A-E) ₁	(D-H) ₂ 、(A-E) ₂	(D-H) ₃ 、(A-E) ₃	(III-VI) ₁ 、(I-IV) ₁	(III-VI) ₂ 、(I-IV) ₂	(III-VI) ₃ 、(I-IV) ₃
(A-E) ₁ 、(B-F) ₁	(D-H) ₂ 、(A-E) ₂	(D-H) ₃ 、(A-E) ₃	(I-IV) ₁ 、(II-V) ₁	(III-VI) ₂ 、(I-IV) ₂	(III-VI) ₃ 、(I-IV) ₃
(A-E) ₁ 、(B-F) ₁	(A-E) ₂ 、(B-F) ₂	(D-H) ₃ 、(A-E) ₃	(I-IV) ₁ 、(II-V) ₁	(I-IV) ₂ 、(II-V) ₂	(III-VI) ₃ 、(I-IV) ₃
(A-E) ₁ 、(B-F) ₁	(A-E) ₂ 、(B-F) ₂	(A-E) ₃ 、(B-F) ₃	(I-IV) ₁ 、(II-V) ₁	(I-IV) ₂ 、(II-V) ₂	(I-IV) ₃ 、(II-V) ₃
(B-F) ₁ 、(C-G) ₁	(A-E) ₂ 、(B-F) ₂	(A-E) ₃ 、(B-F) ₃	(II-V) ₁ 、(III-VI) ₁	(I-IV) ₂ 、(II-V) ₂	(I-IV) ₃ 、(II-V) ₃

[0114] 从附表四中既可以可以看出通电周期性,同时还可以看出本实施例组合式开关磁阻电动机的步距角被细分。

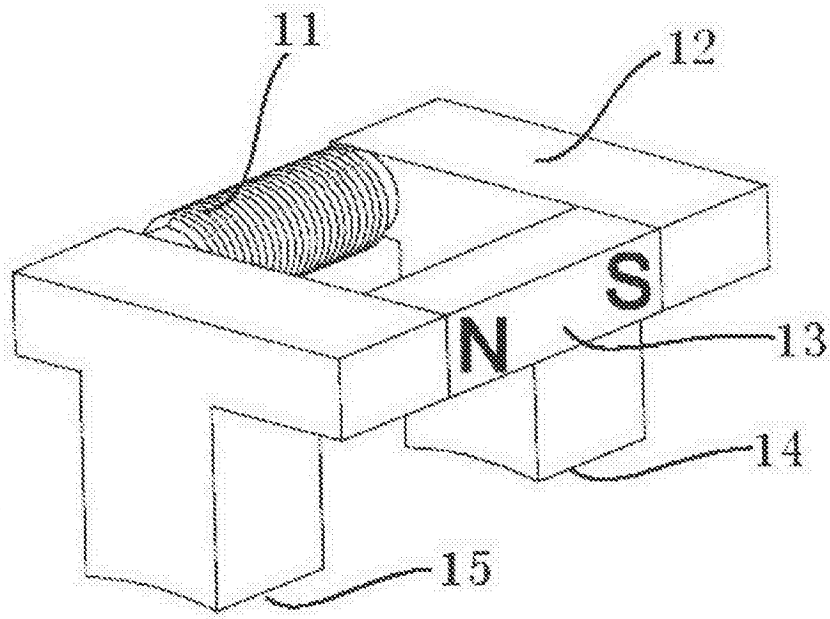


图 1

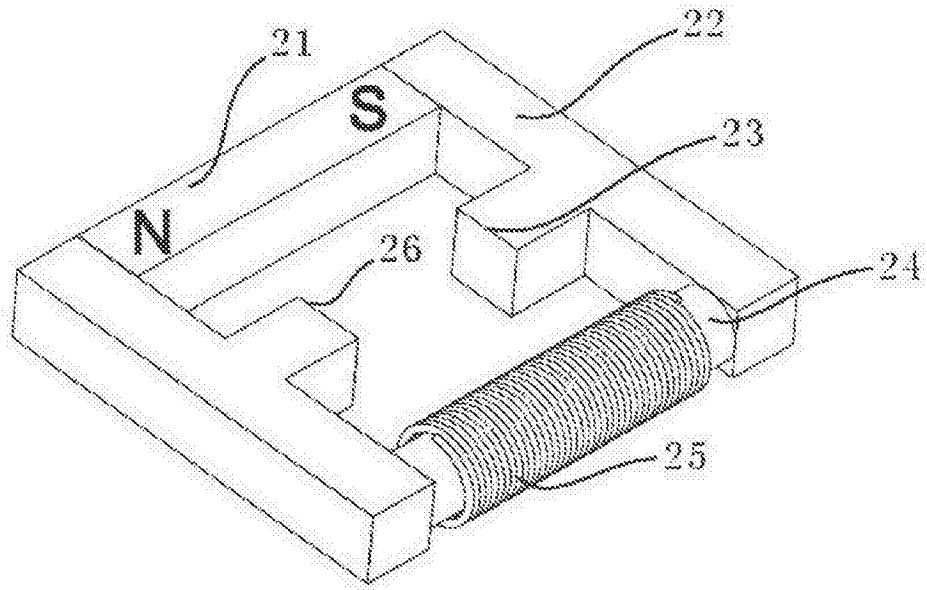


图 2

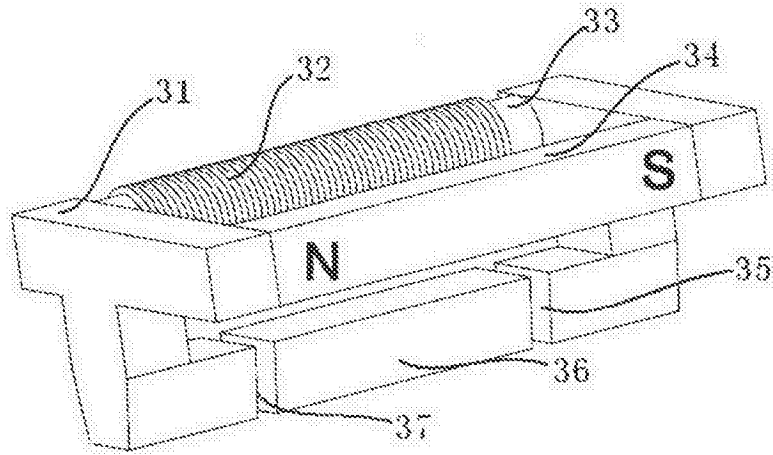


图 3

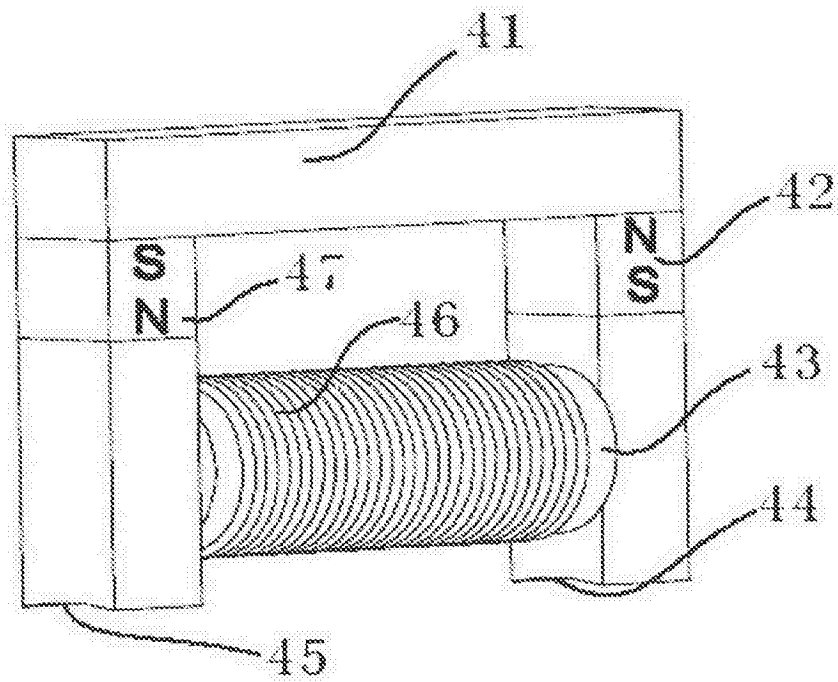


图 4

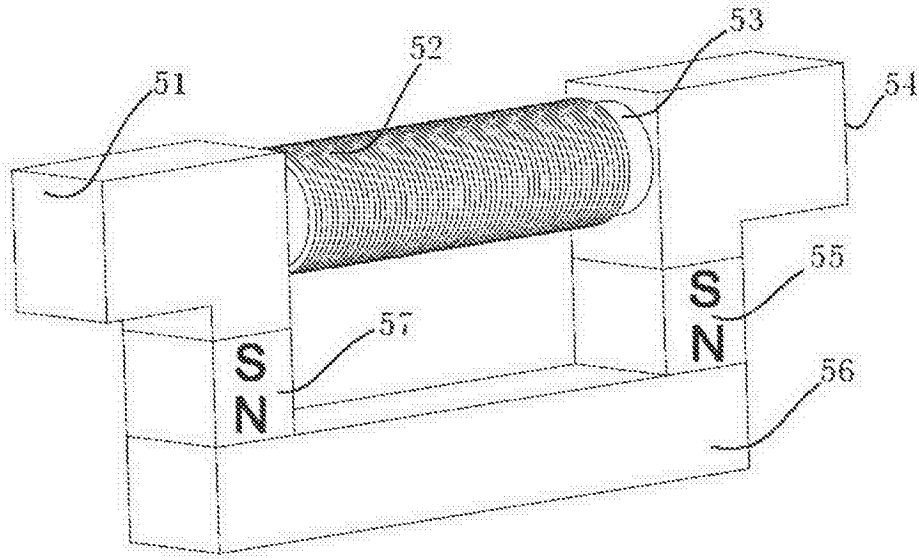


图 5

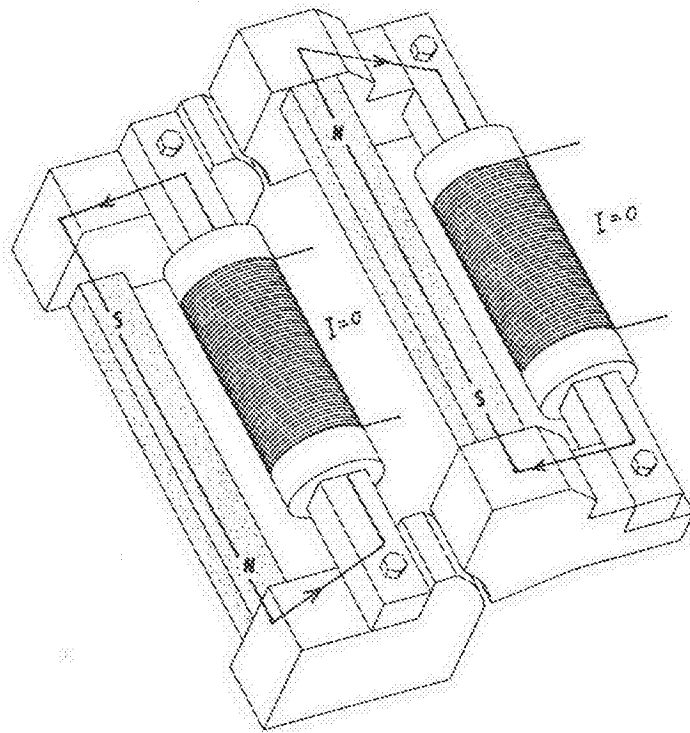


图 6

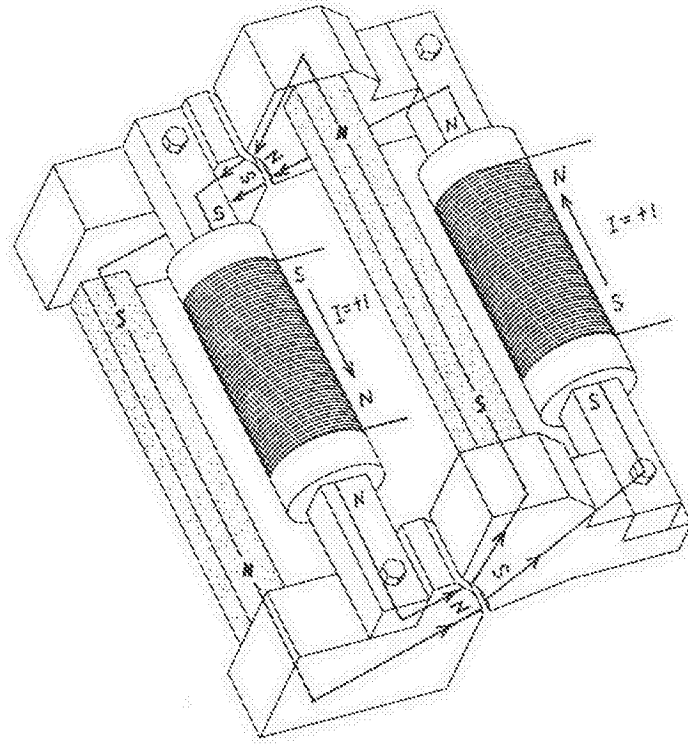


图 7

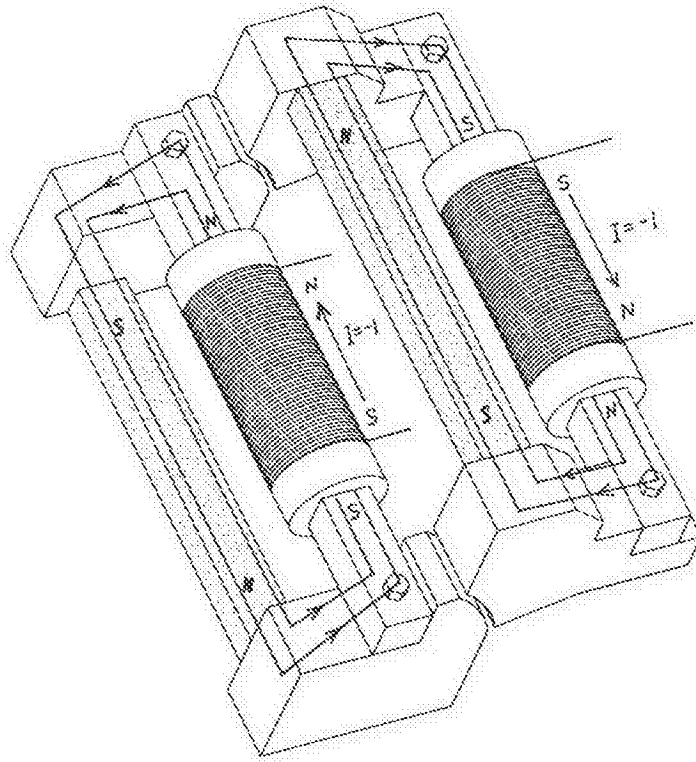


图 8

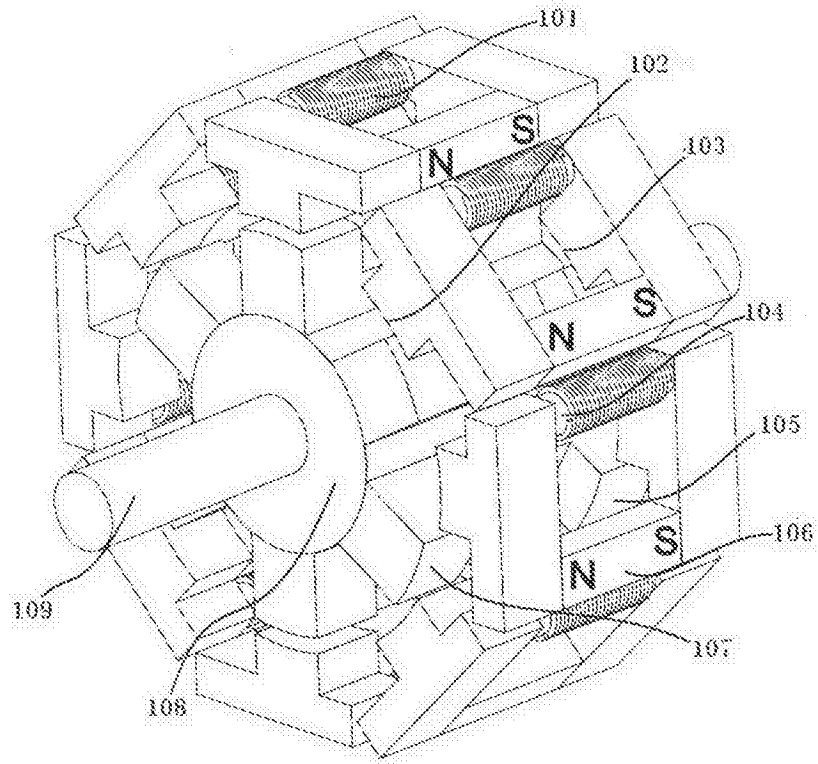


图 9

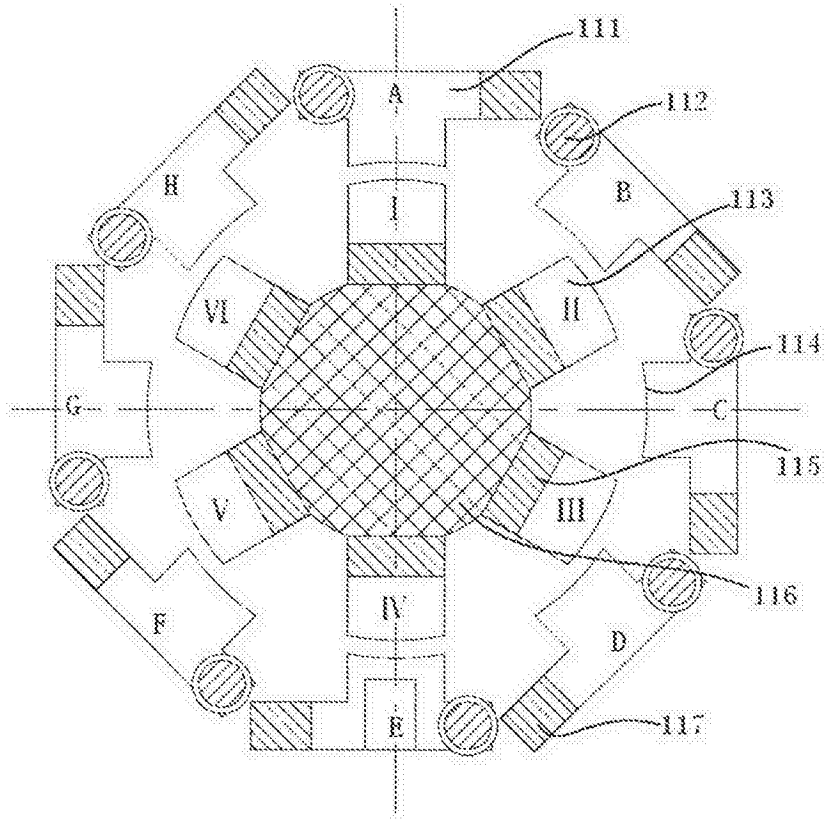


图 10

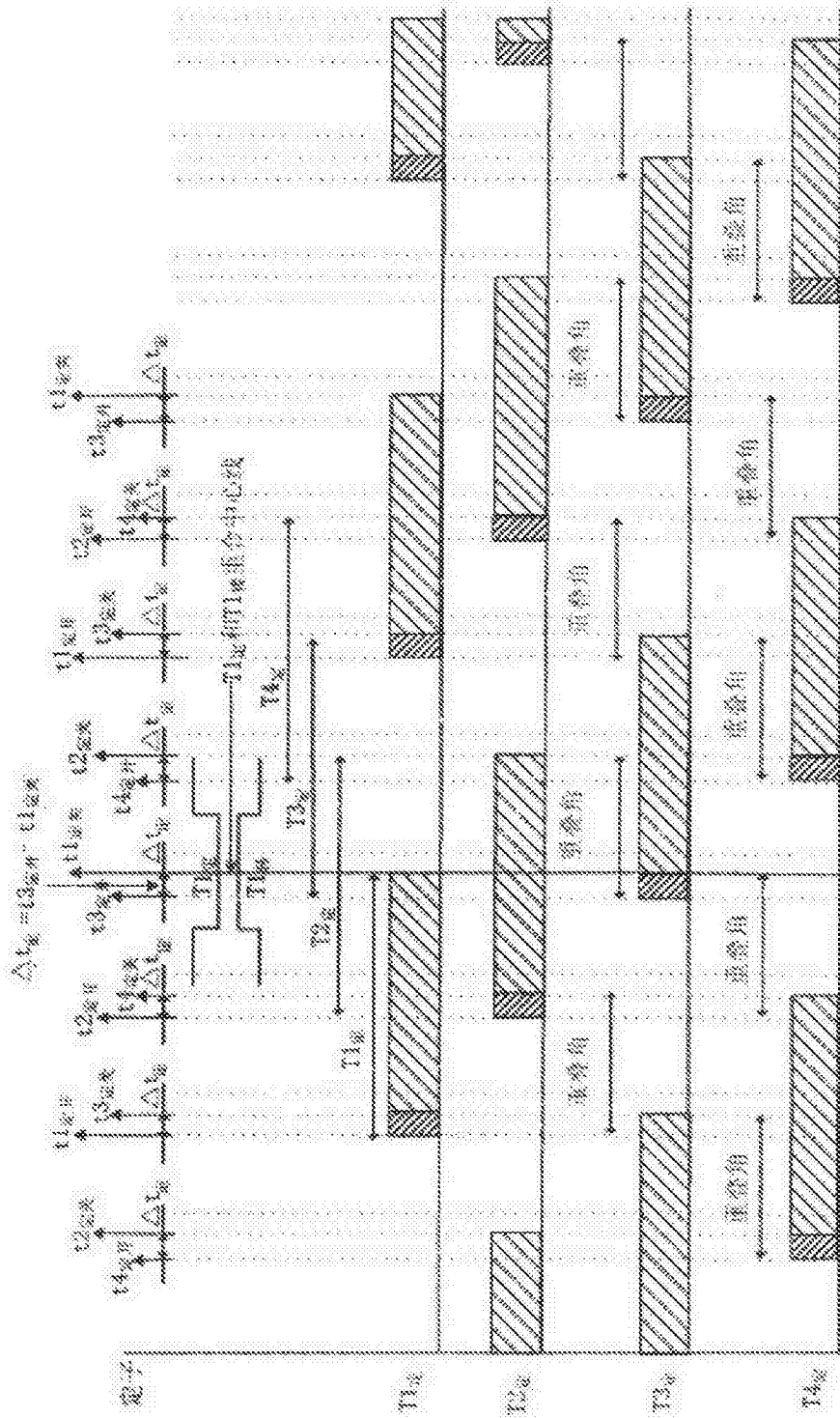


图 11

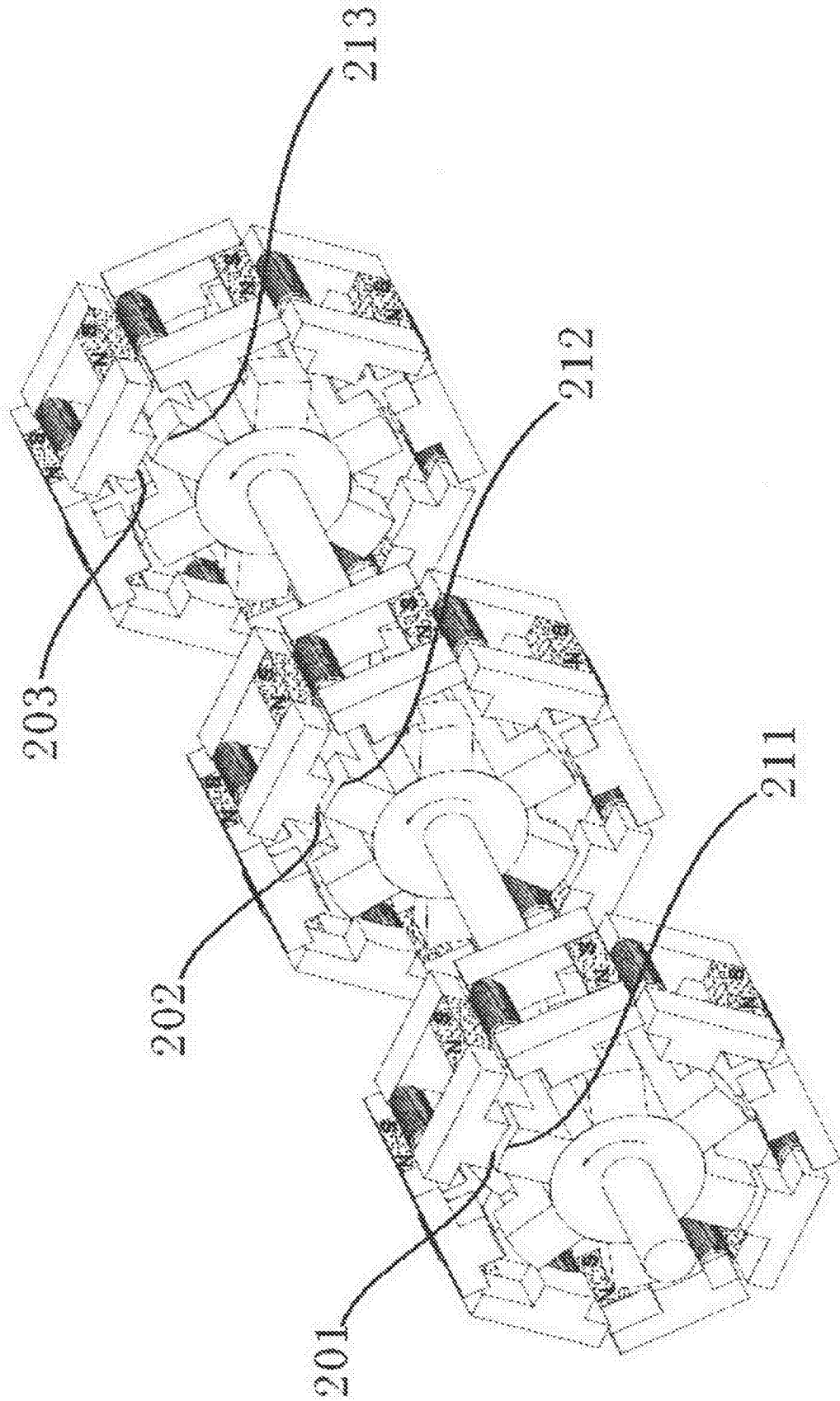


图 12

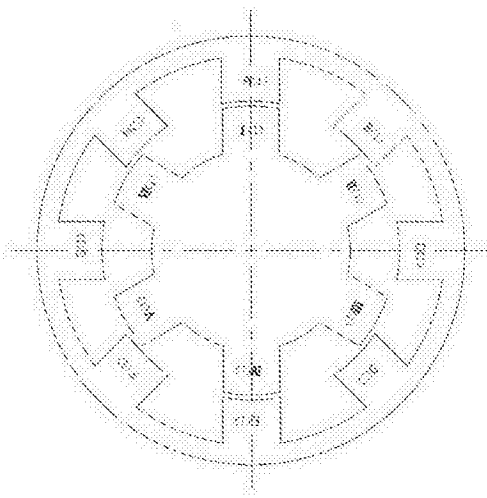


图 13

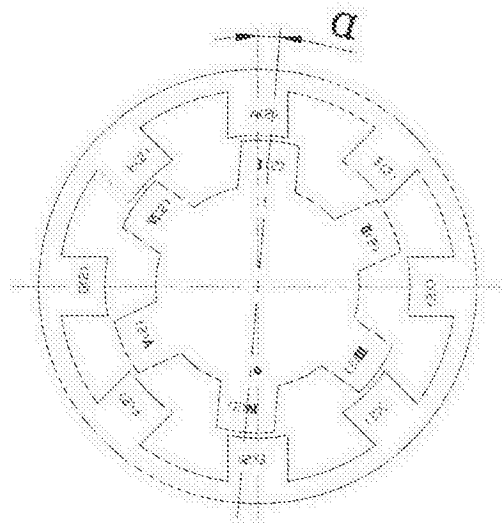


图 14

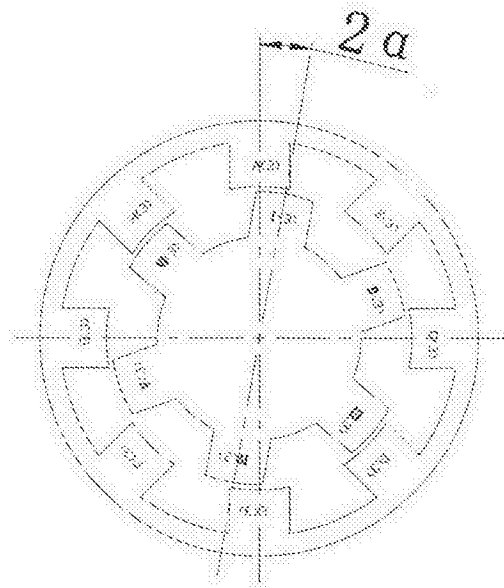


图 15

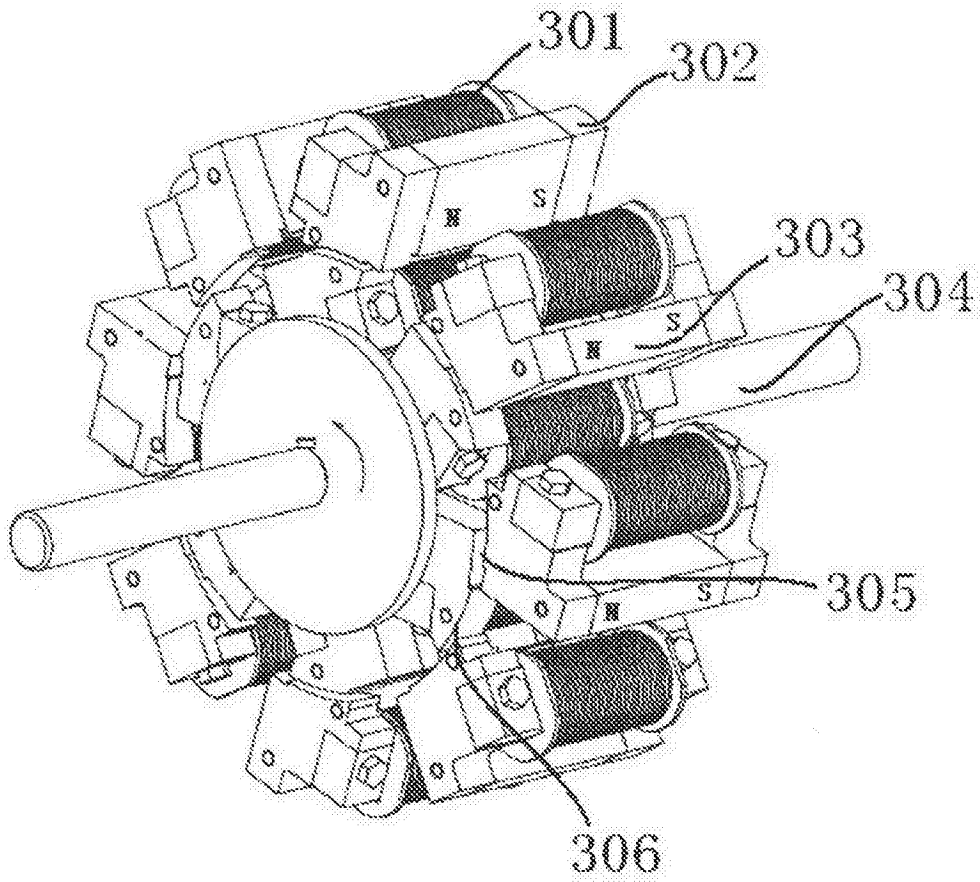


图 16

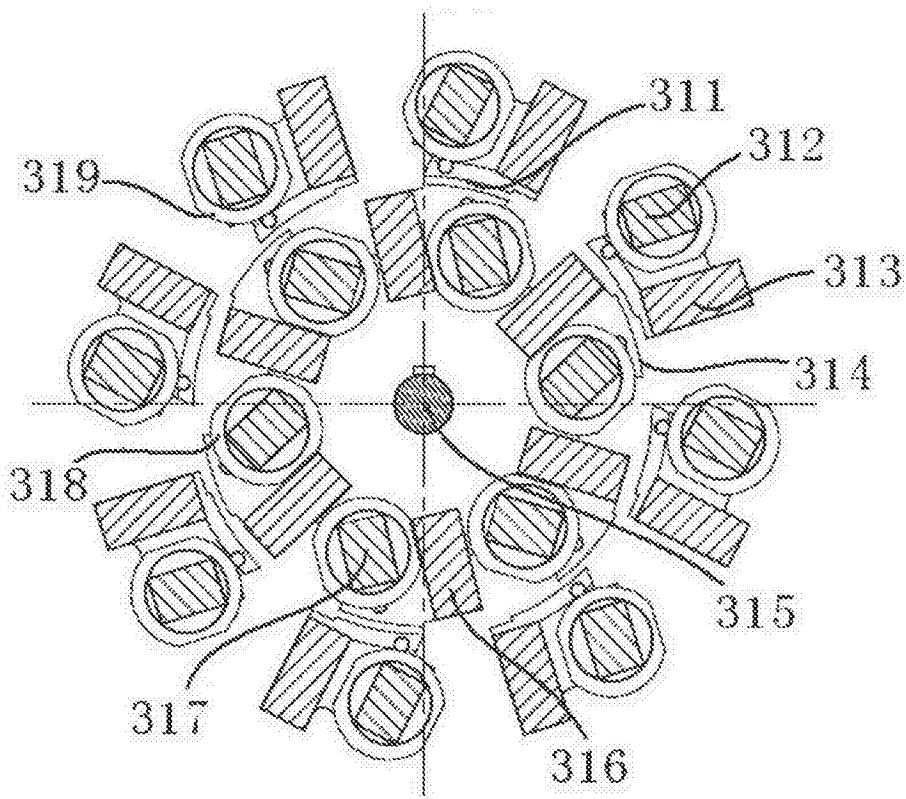


图 17

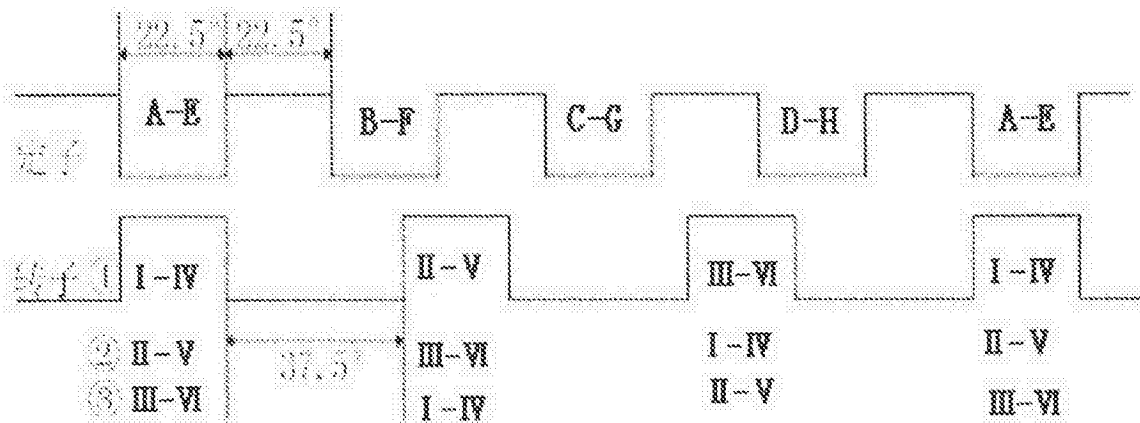


图 18

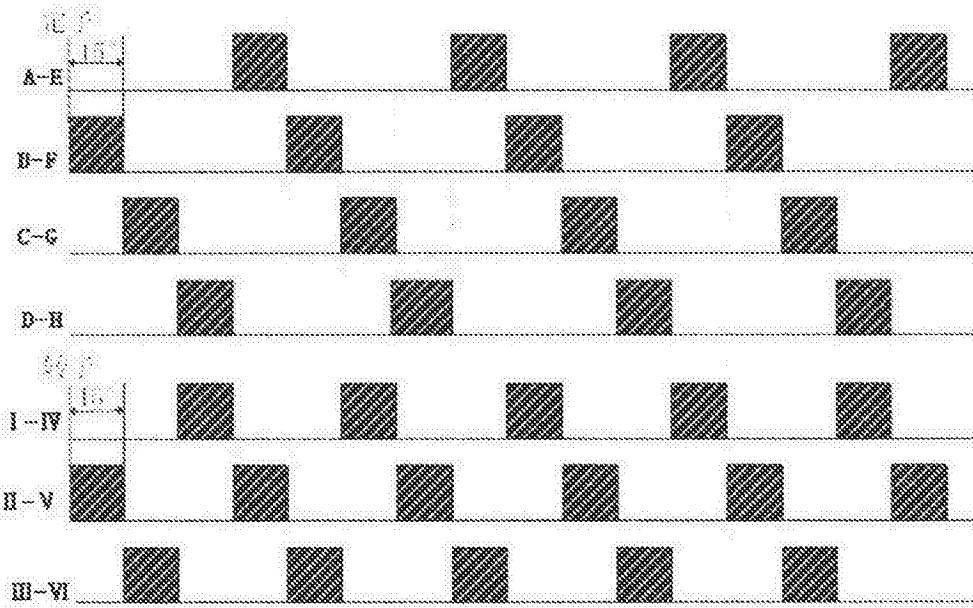


图 19

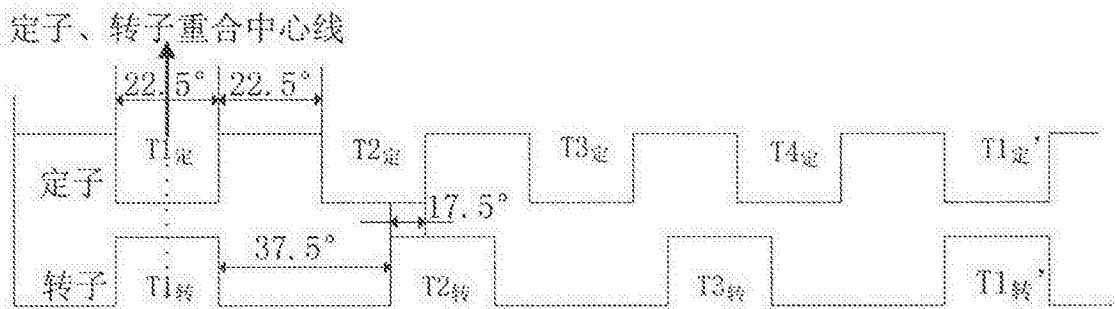


图 20

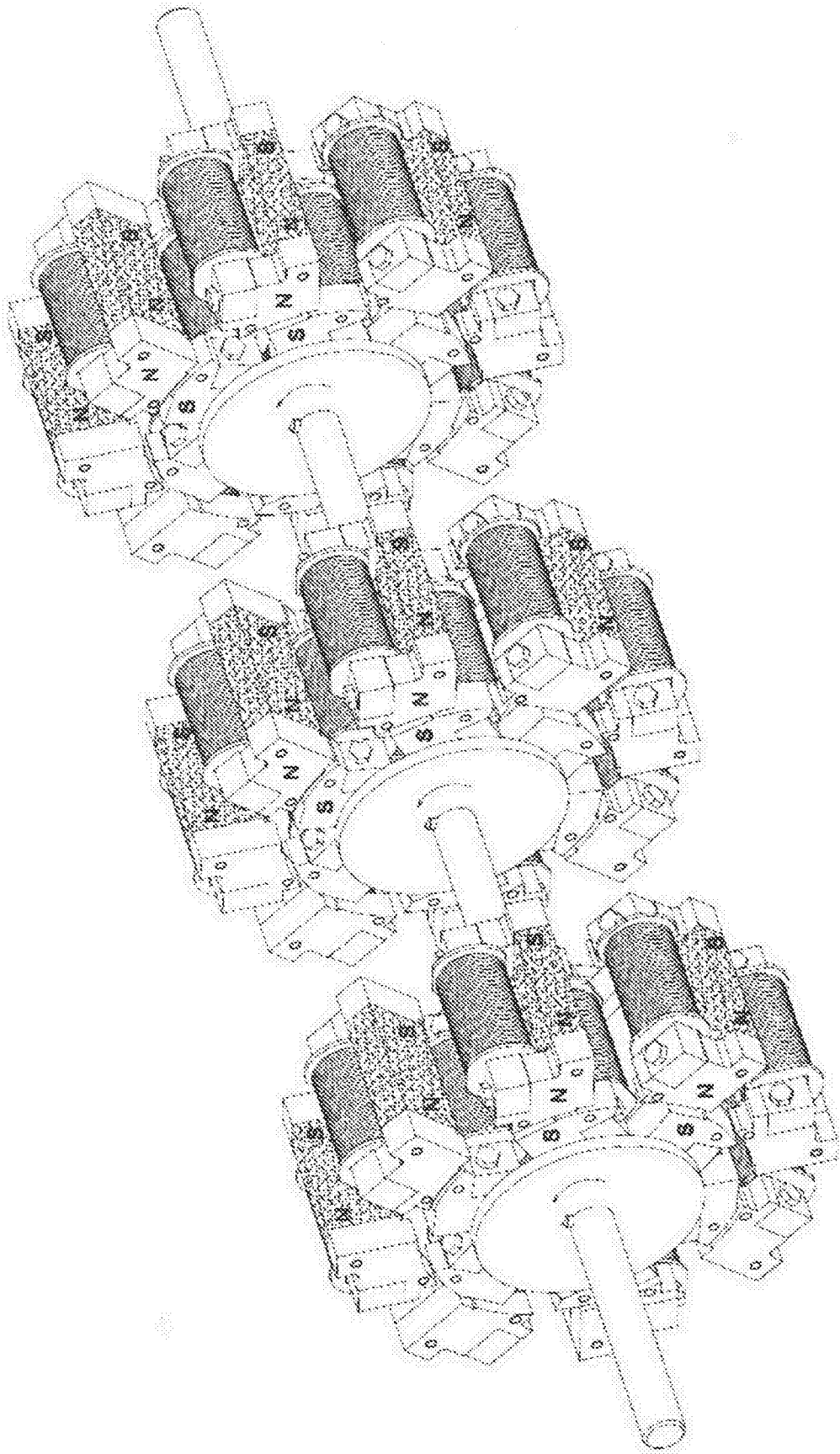


图 22