

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200610112635.6

[51] Int. Cl.

H02K 1/22 (2006.01)

H02K 1/32 (2006.01)

H02K 15/02 (2006.01)

[43] 公开日 2007 年 2 月 14 日

[11] 公开号 CN 1913287A

[22] 申请日 2006.8.28

[21] 申请号 200610112635.6

[71] 申请人 中国科学院电工研究所

地址 100080 北京市海淀区中关村北二条 6 号

[72] 发明人 范涛 赵峰 陈静薇 温旭辉

[74] 专利代理机构 北京科迪生专利代理有限责任公司

代理人 关玲

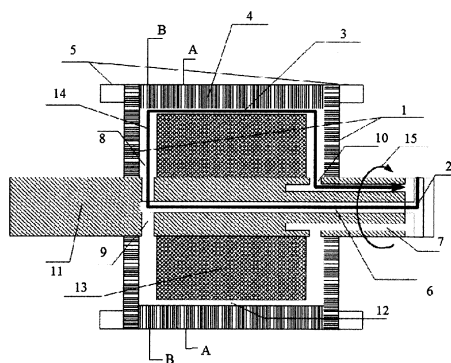
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 4 页

[54] 发明名称

一种双机械端口电机的绕线型内转子

[57] 摘要

一种双机械端口电机的绕线型内转子，转子轴(11)上安装有空心圆柱体(13)，转子轴(11)和空心圆柱体(13)外有空腔圆柱体；位于双层空心轴(11)中，与空心轴(11)同心的内轴孔(6)为转子轴(11)的内层空心结构；位于内层空心结构外部的外层盲孔(7)为转子轴(11)的外层空心结构；内轴孔(6)和盲孔(7)在靠近其盲端处有径向的通向转子轴(11)表面的通孔(9)和(10)，连接转子铁心(4)内部的径向冷却液通路；空心圆柱体(13)的外表面与转子铁心(4)的内表面，以及转子两个端盖(1)组成转子的径向冷却液通路(8)，空心圆柱体(13)外表面和空腔圆柱体内表面组成冷却液轴向通路(12)。转子绕组为集中绕组。



1、一种双机械端口电机的绕线型内转子，主要包括转子双层空心轴【11】、转子铁心【4】、转子轴和电机静止框架之间的动密封装置、安装在静止部件上的冷却液容器，其特征在于，内转子的转子双层空心轴【11】为内外两层空心结构，转子双层空心轴【11】上安装有空心圆柱体【13】，转子双层空心轴【11】和空心圆柱体【13】外有空腔圆柱体；位于双层空心轴【11】中，与转子双层空心轴【11】同心的内轴孔【6】形成转子双层空心轴【11】的内层空心结构；位于内层空心结构外部的轴孔【7】，形成转子双层空心轴【11】的外层空心结构；内轴孔【6】和外轴孔【7】在靠近其盲端处有径向的通向转子双层空心轴【11】表面的通孔【9】和【10】，在轴向的不同位置与转子铁心【4】内部的径向冷却液通路连接；双层空心结构转子轴【11】的内轴孔【6】和外轴孔【7】分别作为转子冷却液的轴向输入通路和输出通路；内轴孔【6】内部有螺旋状结构；空心圆柱体【13】的外表面与转子铁心【4】的内表面，以及转子两个端盖【1】组成转子的径向冷却液通路【8】；冷却液径向通路【8】起始于轴表面通孔，向转子铁心内部方向延伸，一直到达转子绕组下部空间；由空心圆柱体【13】外表面和空腔圆柱体内表面组成冷却液轴向通路【12】；空心圆柱体【13】与转子双层空心轴【11】紧配合装配，与转子双层空心轴【11】一起旋转；转子铁心【4】上的转子绕组为集中绕组，采用单齿绕制。

2、根据权利要求1所述的一种双机械端口电机的绕线型内转子，其特征在于所述的形成内层空心结构的内轴孔【6】是从转子双层空心轴【11】端部打入，与转子双层空心轴【11】同心的长盲孔，内轴孔【6】作为冷却液的输入轴向通路；在内轴孔【6】靠近其盲端的位置，沿着内轴孔【6】的表面分布有若干个内盲孔径向通孔【9】，内盲孔径向通孔【9】均布在转子双层空心轴【11】的圆周方向；外轴孔【7】位于内层空心结构的外部，形成转子轴【11】的外层空心结构；在空心轴【11】外表面沿径向与外层空心结构贯通通孔【10】均布在转子双层空心轴【11】的圆周方向。

3、根据权利要求1或2所述的一种双机械端口电机的绕线型内转子，其特征在于所述外轴孔【7】可以是同轴端打入的与内轴孔【6】同心的环形盲孔，也可以是若干个以内轴孔【6】为中心在轴圆周方向均布的若干个盲孔；外轴孔【7】打入的深度比内轴孔【6】打入的深度浅，两

者深度的差别决定于冷却液从轴向通路进出轴外部的径向通路的位置。

4、根据权利要求1所述的一种双机械端口电机的绕线型内转子，其特征在于所述的空心圆柱体【13】安装在转子轴【11】的两层轴孔【6】和【7】靠近其盲端处，空心圆柱体【13】的左右两个端面位于通向转子轴【11】表面的通孔【9】和【10】之间；空心圆柱体【13】的内表面装配在转子轴【11】的外表面上，空心圆柱体【13】外表面和左右两端面分别作为冷却液在转子轴【11】以外的轴向通路和径向通路的一个边界，另一边界由电机转子两侧端盖【1】的内表面和转子铁心【4】的内表面构成；空心圆柱体【13】的外表面带有起扰流作用的以各种方式排列的针状散热肋或者片状散热肋。

5、根据权利要求1所述的一种双机械端口电机的绕线型内转子，其特征在于所述的空腔圆柱体位于空心圆柱体【13】外，为由转子铁心【4】和两端的转子端盖【1】组成的空腔；空腔圆柱体的内壁和空心圆柱体【13】的外表面构成封闭的转子轴外冷却液流动空间；转子轴【11】上的两组轴向通孔【6】和【7】组成转子轴【11】外冷却液流动空间与轴上冷却液通路之间的接口【9】和【10】。

6、根据权利要求1所述的一种双机械端口电机的绕线型内转子，其特征在于所述的构成转子绕组的基本单元——线圈【25】系套在齿【31】上绕制而成，线圈【25】从齿【31】一侧槽【30】中伸出，在槽【30】外部弯曲形成绕组端部【5】，再绕回到齿【31】另一侧槽【30】中；每一个绕在转子齿【31】上的线圈【25】的两个线圈边分别位于转子齿【31】左右两侧的槽【30】里；如此构成沿转子圆周方向周期重复的，轴对称的和一致的基本单元，每个基本单元包括一个线圈【25】和一个齿【31】，以及被这个齿【31】隔开的两个槽【30】。

一种双机械端口电机的绕线型内转子

技术领域

本发明涉及一种双机械端口电机转子，特别涉及高速旋转的双机械端口电机绕线型内转子。

技术背景

传统内燃机汽车的高排放和低效率在环境污染日益严重的今天成为全世界关心的问题。为了解决这一问题，诞生了混合动力电动汽车。传统内燃机车辆的动力和传动系统中只有发动机和变速箱，发动机的输出轴和车辆的驱动轴通过变速箱耦合在一起。因此，发动机的效率受到行驶状况的影响。而混合动力电动汽车的动力和传动系统中，除了发动机和变速箱以外还引入了电机，调节发动机的工作状态，回收能量。而且随着系统的复杂，高性能高效率的混合动力车辆的动力系统中往往引入了不止一台电机。这种由多电机和发动机组成的动力系统具有高功率密度，高效率 and 低排放等特征。永磁同步电机由于其本身具有的高功率密度，高功率因数和高效率等优良特性，在当今的混合动力系统中被大量采用。永磁同步电机一般都具有如下的基本结构：带有电枢绕组的定子和带有磁钢的转子。其中定子由于其绕组的铜损和铁心感应电流引起的铁损成为了整个电机中主要的发热源，而转子发热量往往可以忽略。因此在通常结构的永磁同步电机冷却方案设计中，一般采用定子水冷，转子通风冷却的方式。

双机械端口永磁电机（DMPM）与前述永磁同步电机结构不同。这种新型永磁同步电机具有一个带有电枢绕组的定子，一个带有电枢绕组的内转子还有一个带有磁钢的外转子。这种特殊的结构使得双机械端口永磁电机的发热分布与一般永磁同步电机也不同。除了定子由于同样的原因是这种新型电机的一个主要热源以外，前述内转子由于同样带有电枢绕组，并感应高频磁场成为了另外一个主要的热源。因此采用通常的通风冷却方式对这种带有绕组的

内转子进行冷却效果不佳。需要采用内部水冷的方式对其进行冷却。

众所周知，目前水内冷电机一般采用轴中心孔进水，出水箱出水以及轴中心孔进出水两种方式。在轴中心孔进出水的结构中，冷却液(如水或者油)的通路均在轴内部沿轴向分布的。发明专利 CN1174930A 中给出的转子散热方案就是这样一种结构，在这种结构中，冷却液从轴中心孔(盲孔)进入，在轴内部一定深度时折回到偏心孔通路，从轴端的偏心孔流出。这种结构比较简单，但是由于冷却液只在轴内部流通，径向上距离绕组热源较远，绕组的热量一部分通过气隙散出，大部分沿径向传递到轴心，通过轴内的冷却液带走。由于热阻与热流通过的长度成正比，因此冷却液距离热源越远，它们之间的热阻就越大。这种只有轴内部轴向通路的内冷方案是有缺陷的。

一般永磁电机的绕组是安装在定子上的电枢绕组，采用分布式的绕组连接方式，即每相绕组分布在多个槽中，这些槽彼此可以不相邻。这样的绕组带来了多方面的问题，第一：由于每相中一个线圈的两个线圈边分别位于相隔一定数目槽的两个槽中，因此为了与其他相的线圈在空间上隔开，需要比较长的端部，这样会增加电机在轴向方向的长度。第二：由于每相绕组分布在不相邻的槽中，因此相与相之间存在交叉，因此需要在相间增加绝缘，这种绝缘成为电机的一个运行隐患；第三：这种绕组往往连接比较复杂，因此在空间上很难做到对称，如这种绕组的结构应用到带有绕组的转子转动场合时，转子的旋转平衡较差。

发明内容

为克服现有技术对内转子散热效果不好及离心力作用下转子绕组端部易变形的缺点，本发明提出一种新的内部转子结构，这种结构除了包含轴内部的冷却液轴向通路以外，还包括轴外部的径向和铁心中的轴向冷却液通路，径向通路和轴向通路组成了冷却液循环通路。这些轴外部的冷却液通路在设计时，要求尽量靠近发热源，即电枢绕组。这样不仅使得热交换更加充分，提高了热交换效率，还使得从冷却液到发热源的温度差降到最低。这种冷却效果与转速无关，因此可以在一个比较宽的速度范围内实现电机的冷却。

本发明内转子的转子轴为内外两层空心结构，转子轴上安装有空心圆柱体，转子轴和空

心圆柱体外有空腔圆柱体，转子轴和电机静止框架之间设置动密封装置，在静止部件上安装有冷却液容器。

本发明内转子是一种集中绕组转子，这种转子采用单齿绕制的绕组。构成这种转子绕组的基本单元——线圈是套在单齿上的，被每个齿隔开的两个槽中分别放置了这个线圈的两个线圈边，构成了沿转子圆周方向周期重复的，轴对称的和一致的基本单元，每个这种基本单元包括一个线圈和一个齿，以及被这个齿隔开的两个槽。其中，这个线圈的两个线圈边是分别放置在前述两个槽中的。因此，由这种线圈构成的绕组在结构上也是轴对称的。同时，由于每个线圈是围绕一个齿绕制，因此可以获得非常短的转子绕组端部，从而解决离心力作用下绕组变形的问题。本发明可对转子绕组中电流产生的热量进行有效的散出，保证转子中所有部件的温升在一定限度内，从而可以提高转子的电负荷，进而提高整个电机的功率密度。

本发明的转子轴具有内外两层空心结构，其中轴内层的空心结构是一个从轴端部打入的盲孔，轴内部外层的空心结构是从同一轴端打入的环形盲孔或者是若干个在轴圆周方向均匀分布的盲孔。外层盲孔打入的深度比内层盲孔打入的深度浅，两者深度的差别决定于冷却液从轴向通路进出轴外部的径向通路的位置，内外两层盲孔在靠近其盲端处有径向的通向转子轴表面的通孔，在轴向的不同位置与转子铁心内部的径向冷却液通路连接，双层空心结构转子轴的内层盲孔和外层盲孔分别作为转子冷却液的轴向输入通路和输出通路。构成转子冷却液轴向通路的盲孔内部有螺旋状结构，这些螺旋状结构在转子轴转动时可以对其中的冷却液形成一个单方向的推动力，这种推动力方向和外部冷却液泵的作用力方向一致，因此带有螺旋状结构的内转子相当于一个辅助的冷却液泵。本发明的转子结构中有冷却液径向通路，这些径向通路起始于轴表面通孔，向转子铁心内部方向延伸，一直到达转子绕组下部空间。

本发明在转子轴的两层盲孔靠近其盲端安装有空心圆柱体，空心圆柱体的左右两个端面位于通向转子轴表面的通孔之间。空心圆柱体的内表面装配在转子轴的外表面上，空心圆柱体外表面和左右两端面分别作为冷却液在转子轴以外的轴向通路和径向通路的一个边界，另一边界由电机转子两侧端盖的内表面和转子铁心的内表面构成。空心圆柱体的外表面带有起

到扰流作用的特殊结构，这些结构可以是各种排列方式的针状散热肋或者片状散热肋，这些结构保证冷却液流经这部分表面时保持湍流状态，从而保证比较好的热交换效果。

本发明转子在空心圆柱体外有空腔圆柱体，空腔圆柱体为由转子铁心和两端的刚性转子端盖组成的空腔。空腔圆柱体的内壁和圆柱体的外表面构成封闭的转子轴外冷却液流动空间。转子轴上的两组轴向通孔组成转子轴外冷却液流动空间与轴上冷却液通路之间的接口。每一组轴向通孔均从转子轴外表面打入到相应的盲孔，并在轴圆周方向均布。转子铁心的外部有齿、齿槽和绕组，两端的刚性端盖与转子轴紧配合装配，与转子轴一起旋转。

本发明在转子轴和电机静止框架之间设置动密封装置，这种动密封装置一方面保证冷却液可以有效的从静止部件流到电机的轴向输入通路即轴内层盲孔，另一方面把轴内层盲孔和外层盲孔进行隔离。

本发明在静止部件，如电机机壳上安装了冷却液容器和冷却液喷射器，冷却液喷射器做为冷却液的发射装置，而冷却液容器做为冷却液的回收装置。冷却液从喷射器喷出，通过轴上的轴向通路和动密封装置从轴端口流入，依次通过轴上的内层或外层轴向通路和轴外的径向通路和转子铁心内侧的轴向通路，再经由另一侧轴外的径向通路流回到轴上外层或内层轴向通路，最后通过轴上的轴向通路和动密封装置从轴端口流出，被冷却液容器收集。转子外部的油路通过泵把冷却液喷射器和冷却液容器连接，形成带有动力源的闭合油路，油泵可以是单独为双机械端口电机配置的独立油泵，安装在电机外壳上；也可以是与装载有双机械端口电机的驱动平台上其他动力单元共用的油泵，安装在驱动平台的合适位置。

由于本发明的转子处于常规永磁转子内部，又由于转子带有电枢绕组，因此在高速旋转下的转子稳定性和可靠性问题格外突出。本发明把转子铁心表面分为若干等间距的槽和齿。其中齿沿着高度方向的截面积是相等的。本发明绕组与传统的分布绕组不同，即构成绕组的线圈的线圈边不是从一个槽中发出，经过若干个齿距进入另一个槽中，而是围绕着一个齿进行绕制，即线圈的一个线圈边从齿左边的槽发出，而进入同一个齿右边的槽中。这样的绕组由于各相间的线圈毫无重叠，在空间上相互分开，具有三方面优点：首先可以获得最短的端

部。端部长度变短一方面可以缩短电机整个轴向的长度，从而获得更加紧凑的电机，更为重要的是在高速旋转下，短的端部可以获得最小的形变，最大程度上克服了离心力带来的问题。第二可以免去由于各相之间绕组重叠带来的相间绝缘问题，进一步提高了绕组的可靠性。第三可使这种高速旋转并带有绕组的转子结构简单。这种绕组由于是围绕单个齿进行绕制，以每个齿槽为单元都是对称的，因此从根本上保证了绕组的对称性，从而提高了绕组动平衡方面的稳定性。

附图说明

图1为本发明内转子结构示意图，图中：1 转子端盖，2 动密封装置，3 冷却液在绕组下部轴向通路流动方向，4 转子铁心，5 绕组端部，6 内轴孔，7 外轴孔，8 冷却液径向通路，9 内层盲孔径向通孔，10 外层盲孔径向通孔，11 转子的双层空心轴，12 冷却液轴向通路，13 空心圆柱体，14 冷却液在转子轴外径向通路流动方向示意，15 转子的转动方向；

图2为图1的A-A剖面图；

图3为图1的B-B剖面图；

图4为本发明内转子散热表面示意图，图中：16 起扰流作用的特殊结构，17 转子内空心圆柱体，18 冷却液流动方向；

图5为本发明转子轴内盲孔7剖面图，图中：19 盲孔内螺旋槽形成的轴向通路，20 盲孔外壁，21 表示由于转子转动得到的冷却液动力方向，22 内轴向通路，23 冷却液流动方向；

图6为本发明转子绕组结构示意图，31 转子齿，30 转子槽，25 表示绕在转子齿31上的一个单元线圈；

图7为图6中C-C剖面图；32 是单元线圈25的一个线圈边，33 是单元线圈25的另一个线圈边。

具体实施方式

本发明内转子结构如图1所示。2 是动密封装置，这种动密封装置带有防止冷却液溢出的橡胶密封圈，是保证冷却液从静止部分有效的通到旋转部分的关键部件，11 是转子双

层空心轴。在双层空心轴 11 中有一个该轴端部打入，与双层空心轴 11 同心的长盲孔——内轴孔 6，形成内层空心结构。这层空心结构是冷却液的输入轴向通路，其主要作用是把冷却液从外部通入转子内部。由于其与发热源即绕组径向距离比较远，因此并不是发生热交换，进行转子散热的主要部分。在内轴孔 6 靠近其盲端的位置，沿着内轴孔 6 的表面分布有若干个径向通孔 9，通孔 9 均布在转子双层空心轴 11 的圆周方向。盲孔 7 位于内层空心结构的外部，外轴孔 7 的轴向长度小于通孔 9 所在轴向位置的长度，形成转子双层空心轴 11 的外层空心结构。外轴孔 7 可以是与内轴孔 6 同心的环形盲孔，也可以是以内轴孔 6 为中心均布的若干个盲孔。在外层空心结构上有外层盲孔径向通孔 10，在转子双层空心轴 11 外表面沿径向与外层空心结构贯通通孔 10 均布在转子双层空心轴 11 的圆周方向。

空心圆柱体 13 安装在转子双层空心轴 11 的内轴孔 6 和外轴孔 7 靠近其盲端处，与转子双层空心轴 11 紧配合装配，与转子轴双层空心 11 一起旋转。空心圆柱体 13 的左右两个端面位于通向转子双层空心轴 11 表面的内盲孔径向通孔 9 和外盲孔径向通孔 10 之间；空心圆柱体 13 的内表面装配在转子双层空心轴 11 的外表面上，空心圆柱体 13 外表面和左右两端面分别作为冷却液在转子双层空心轴 11 以外的轴向通路和径向通路的一个边界，另一边界由电机转子两侧端盖 1 的内表面和转子铁心 4 的内表面构成；

空心圆柱体 13 的外表面与转子铁心 4 的内表面，以及转子两个端盖 1 组成转子的径向冷却液通路 8。14 为转子中冷却液的流动方向，15 为转子的转动方向。冷却液轴向通路 12 由空心圆柱体 13 外表面和空腔圆柱体内表面组成。由于空腔圆柱体铁心内就是转子绕组，因此这个冷却液轴向通路 12 距离热源非常近，是进行热交换，完成转子冷却的主要部分。

图 2 是图 1 的 A-A 剖面图。如图 2 所示，4 是空腔圆柱体剖面，在功能上为由叠片构成的转子绕组铁心。13 是空心圆柱体剖面。在转子铁心 4 上开有槽 30，其内放置转子绕组，31 是槽 30 在圆柱型转子铁心 4 表面形成的齿。12 是转子绕组下部轴向冷却液通路。

空腔圆柱体位于空心圆柱体 13 外，是一个由转子铁心 4 和两端的转子端盖 1 组成的空腔；空腔圆柱体的内壁和空心圆柱体 13 的外表面构成封闭的转子轴外冷却液流动空间；转

子双层空心轴 11 上的两组轴向内轴孔 6 和外轴孔 7 组成转子轴 11 外冷却液流动空间与轴上冷却液通路之间的接口 9 和 10。

图 3 是图 1 的 B-B 剖面图。如图 3 所示, 冷却液从转子双层空心轴 11 流入到内轴孔 6 中, 通过内层盲孔径向通孔 9 流入到径向通路 8 中, 再流入绕组下部轴向通路 12 中, 在此发生热交换, 冷却绕组。

图 4 是装配在转子轴 11 上的空心圆柱体 13 的散热表面示意图。空心圆柱体 13 的外表面 17 与转子铁心 4 的内表面组成转子上部的冷却液通路 8, 在空心圆柱体 13 的外表面 17 上有起扰流作用的结构 16, 这种结构使冷却液流过外表面 17 时发生扰动, 获得更好的对流效果。起扰流作用的结构 16 可以是各种排列形式的针状肋。18 表示了被 16 扰动, 流动方向发生变化的冷却液流动形态示意。

图 5 是转子双层空心轴 11 内层空心结构的示意图。轴的内层空心结构是一个带有内螺旋槽结构的内轴孔 6, 20 为盲孔的外壁, 盲孔内壁上有螺旋槽 19, 22 是带有内螺旋槽结构的内轴孔 6 内轴向通路。21 表示由于转子转动得到的冷却液动力方向, 23 是冷却液流动方向。

电机工作时, 冷却液通过动密封装置 2 被泵入内轴孔 6, 使冷却液向内轴孔 6 的盲端流动, 同时受到离心力的作用, 冷却液从盲端流入内层盲孔径向通孔 9, 进入转子铁心槽 30 底下的冷却液轴向通路 12, 对发热的绕组进行充分冷却。冷却液进行了热交换后温度升高, 通过外层盲孔径向通孔 10 回流到外轴孔 7, 最后通过外轴孔 7 流入到冷却液容器中。从图 2 中可以看出冷却液轴向通路 12 距离发热绕组非常近, 而一般轴内冷却电机的轴向冷却通路在图 2 所示内轴孔 6 中, 距离与冷却液轴向通路 12 相比要远得多, 因此本发明可使热量从发热源到热交换处损失的温度差最小。而且, 轴向通路 12 与转子铁心 4 之间的换热面是一个圆柱面, 这个换热面的面积要比内轴孔 6 的换热面积大得多, 因此本发明热交换效率也比一般只有轴内冷却的设计方案高。

本发明转子绕组结构如图 6 和图 7 所示。

如图 6 所示，每一个绕在转子齿 31 上的单元线圈 25 的两个线圈边分别位于转子齿 30 左右两侧的槽 30 中。

图 7 是图 6 的 C-C 剖面图。32 是单元线圈 25 的一个线圈边，置于齿 31 的左侧槽内，33 是单元线圈 25 的另一个线圈边，放在齿 31 的右侧槽 30 内。5 是绕组端部。线圈 25 在绕制时从齿 31 一侧槽 30 中伸出，在槽 30 外部弯曲形成绕组端部 5，再绕回到齿 31 另一侧槽 30 中。由于线圈 25 是绕制在一个齿 31 上，而齿与齿之间是有槽 30 隔开的，因此齿 31 上的线圈 25 也是分开的。一个齿上的线圈在槽外不会与其他线圈发生交叉，因此，线圈边在伸出槽 30 后可以非常贴近齿 31 的表面，由此形成的绕组端部 5 伸出长度非常短。

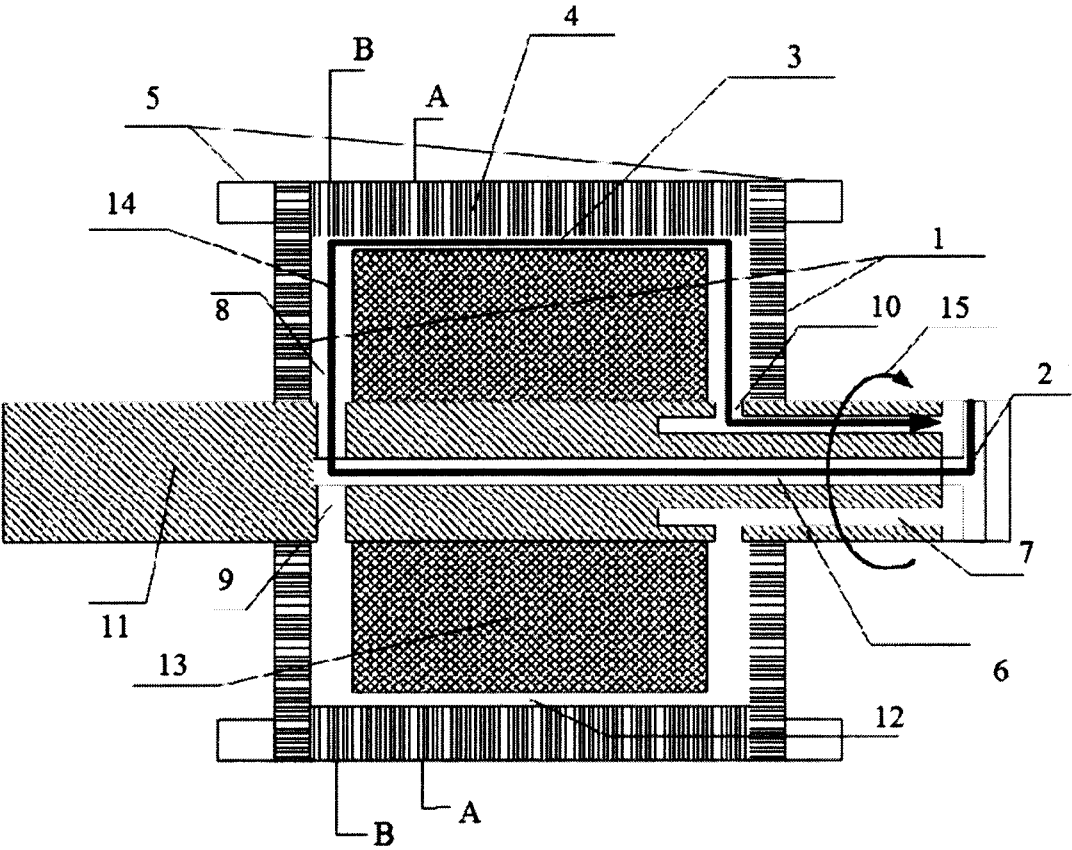


图1

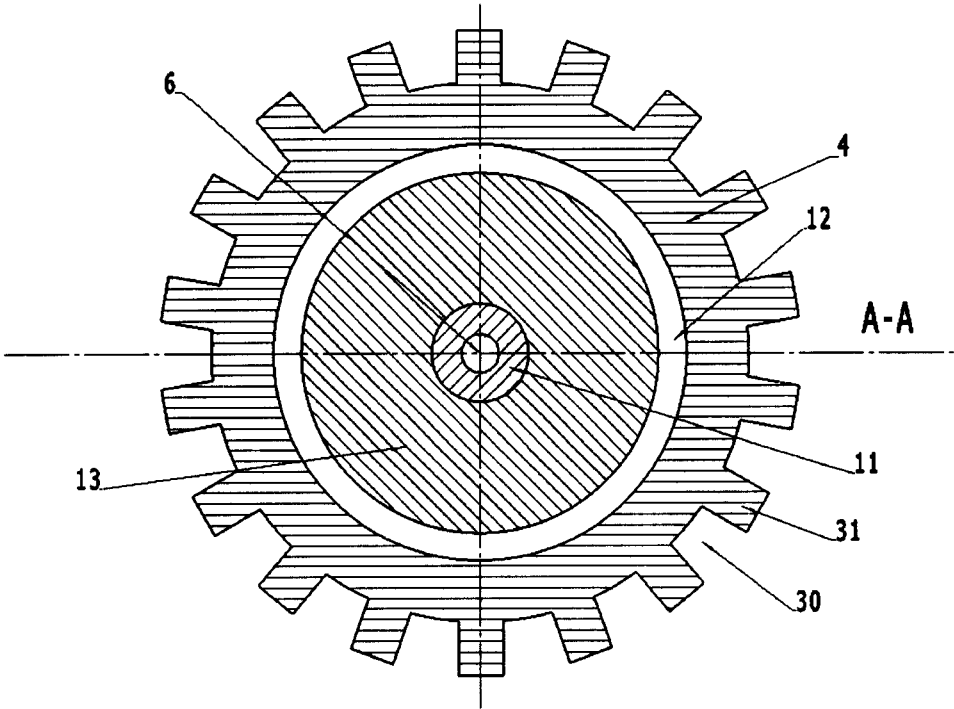


图 2

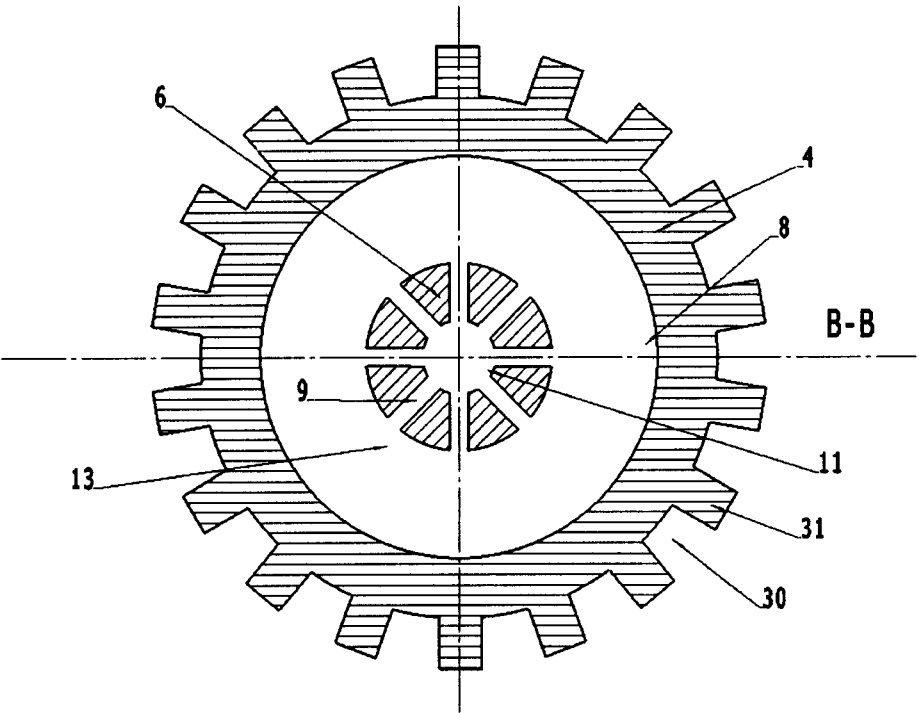


图 3

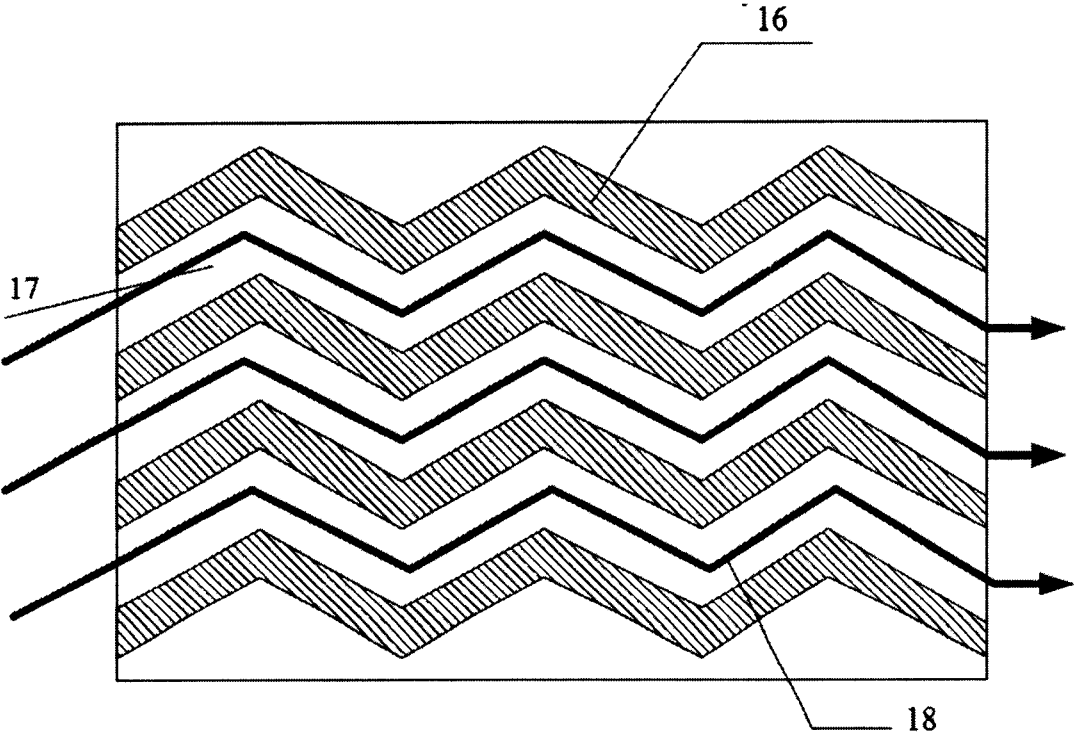


图 4

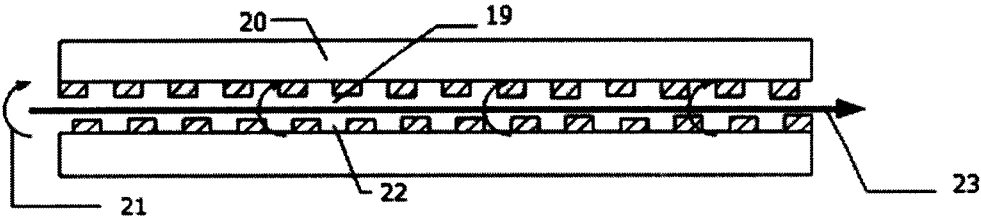


图 5

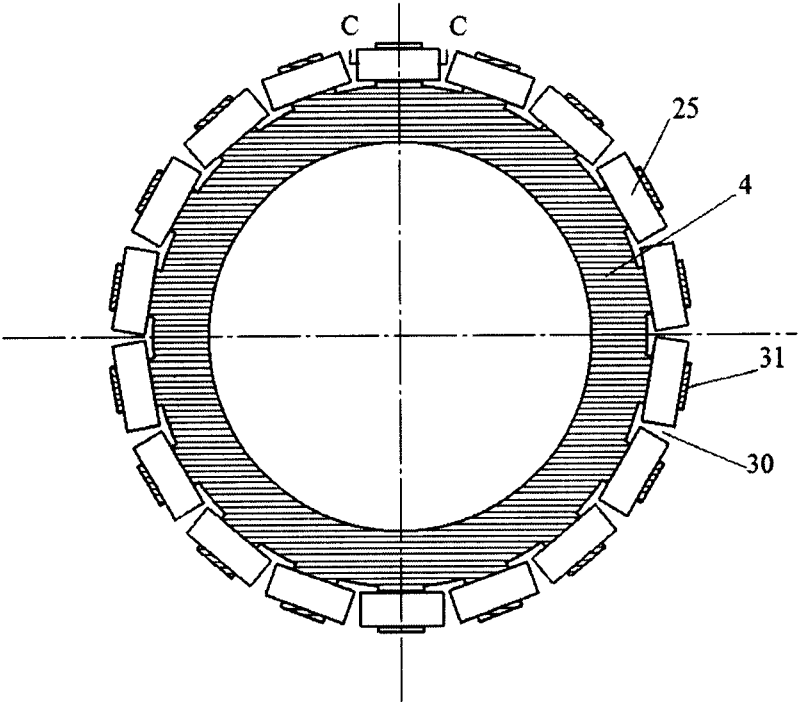


图 6

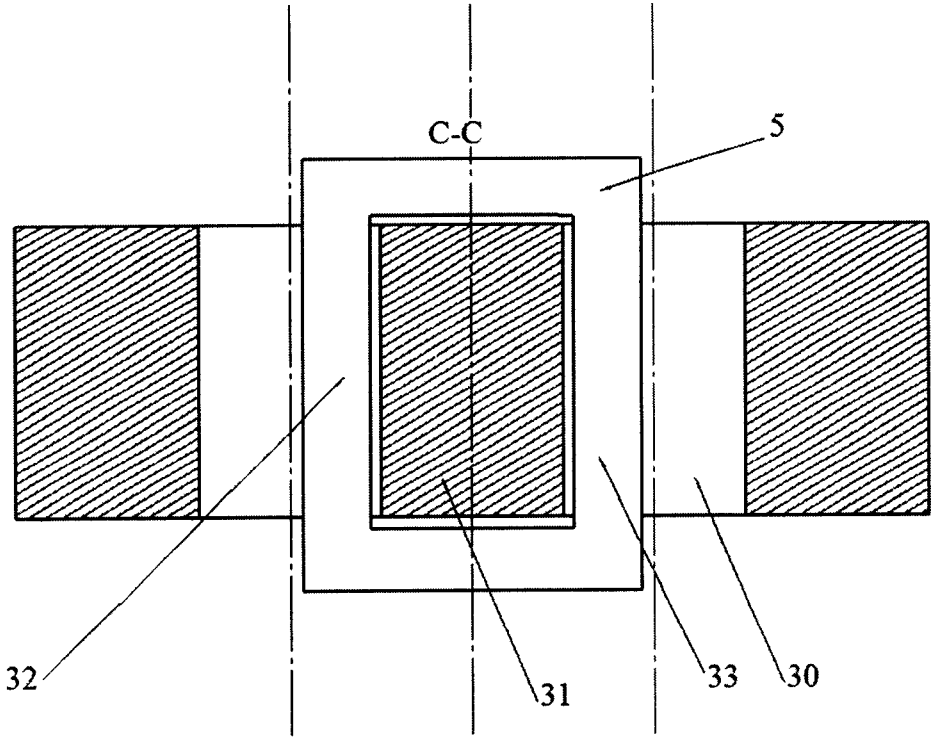


图 7