

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
H02K 21/14 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200610047217.3

[43] 公开日 2007 年 4 月 11 日

[11] 公开号 CN 1945940A

[22] 申请日 2006.7.18

[21] 申请号 200610047217.3

[71] 申请人 沈阳工业大学

地址 110023 辽宁省沈阳市铁西区兴华南街
58 号

[72] 发明人 王凤翔 张凤阁 宗 鸣 王继强
白浩然 邢军强

[74] 专利代理机构 沈阳东大专利代理有限公司
代理人 梁 焱

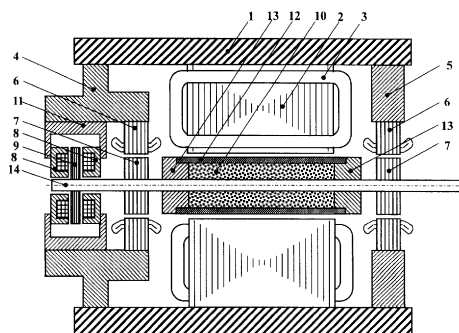
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 2 页

[54] 发明名称

一种整体永磁转子磁悬浮高速电机

[57] 摘要

一种整体永磁转子磁悬浮高速电机，属于电机技术领域。包括机壳、左右端盖、定子铁心、定子绕组、永磁转子、转轴、轴向磁悬浮轴承和左、右径向磁悬浮轴承，在电机转轴上安放有永磁转子，在机壳内壁上围绕永磁转子安放有定子铁心，定子绕组嵌入定子铁心槽中；左端盖和右端盖分别固定在定子铁心两侧的机壳两端；在转轴与右端盖之间安放有右径向磁悬浮轴承，在转轴与左端盖之间分别安放有左径向磁悬浮轴承和轴向磁悬浮轴承，轴向磁悬浮轴承置于转轴端部，转轴的另一端通过联轴器与驱动机械连接，其所述永磁转子为一整体结构。本发明保证了高速电机转子的质量均衡，使永磁转子产生的磁场沿气隙正弦分布，减小了谐波损耗和转矩脉动；提高了轴承的寿命。



1、一种整体永磁转子磁悬浮高速电机，包括机壳、左端盖、右端盖、定子铁心、定子绕组、永磁转子和转轴，其特征在于还包括有左、右径向磁悬浮轴承和轴向磁悬浮轴承，在电机转轴上安放有永磁转子，在机壳内壁上围绕永磁转子安放有定子铁心，定子绕组嵌入定子铁心槽中；左端盖和右端盖分别固定在定子铁心两侧的机壳两端；在转轴与右端盖之间安放有右径向磁悬浮轴承，在转轴与左端盖之间分别安放有左径向磁悬浮轴承和轴向磁悬浮轴承，轴向磁悬浮轴承置于转轴端部，转轴的另一端通过联轴器与驱动机械连接，其所述永磁转子为一整体结构。

2、根据权利要求 1 所述的一种整体永磁转子磁悬浮高速电机，其特征在于所述的整体结构的永磁转子包括整体圆柱形结构的永磁体、非导磁合金钢护套及紧固件；在永磁体的外侧置有高强度非导磁合金钢套，永磁体的两端分别固定有高强度非导磁合金钢紧固件，其整个永磁转子在加工装配之后经过径向充磁。

3、根据权利要求 2 所述的一种整体永磁转子磁悬浮高速电机，其特征在于所述的永磁体与护套之间为过盈配合。

4、根据权利要求 1 所述的一种整体永磁转子磁悬浮高速电机，其特征在于所述的定子绕组为环型绕组结构。

5、根据权利要求 1 所述的一种整体永磁转子磁悬浮高速电机，其特征在于所述的左、右径向磁悬浮轴承为非接触式磁悬浮轴承，包括径向磁悬浮轴承转子和径向磁悬浮轴承的定子，径向磁悬浮轴承的定子分别固定在左端盖和右端盖上，径向磁悬浮轴承转子固定在转轴上，位于径向磁悬浮轴承的定子内部。

6、根据权利要求 1 所述的一种整体永磁转子磁悬浮高速电机，其特征在于所述的轴向磁悬浮轴承为非接触式磁悬浮轴承，包括轴向磁悬浮轴承支座、两个盘式轴向磁悬浮轴承定子和轴向磁悬浮轴承转子，两个盘式轴向磁悬浮轴承定子之间安装有轴向磁悬浮轴承转子，两盘式轴向磁悬浮轴承定子外侧固定有轴向磁悬浮轴承支座，轴向磁悬浮轴承支座固定在左端盖上，轴向磁悬浮轴承转子固定在转轴上。

7、根据权利要求 5 或 6 所述的一种整体永磁转子磁悬浮高速电机，其特征在于所述的径向磁悬浮轴承转子和轴向磁悬浮轴承的转子均是由超薄低损耗电工钢片叠压而成，在转子上无槽和无绕组。

8、根据权利要求 1 所述的一种整体永磁转子磁悬浮高速电机，其特征在于所述的定子铁心是由超薄低损耗冷轧电工钢片叠压而成。

一种整体永磁转子磁悬浮高速电机

技术领域

本发明属于电机技术领域，涉及一种整体永磁转子磁悬浮高速电机。特别适合用作高速电动机和高速发电机。

背景技术

高速电机由于转速高，功率密度大，其几何尺寸远小于输出功率相同的中低速电机，可以有效地节约材料；高速电机可与原动机或负载直接相连，省去了传统的机械变速装置，因而可减小噪音和提高传动系统的效率。高速电机的应用领域越来越广泛，如高速磨床及其他加工机床，高速飞轮储能系统，天然气输送及污水处理中采用的高速离心压缩机和鼓风机，特别是用于分布式供电系统的微型燃气轮机驱动高速发电机更是受到人们的关注。一般的永磁电机转子，是由多块具有不同极性的永磁体贴在转子表面或者插入转子铁心内部，永磁体需要安装前充磁，不仅安装工艺复杂，而且难以保证转子沿圆周方向的质量均衡和对称，在高速旋转离心力作用下会产生应力分布的不均匀。由于材料强度的限制，高速电机一般采用细而长的转子，同时为了减小定子铁心中的高频涡流和磁滞损耗，高速电机一般选用2极或4极结构。采用传统绕组连接方式，绕组端部很长，故使本来细而长的转子还要加长，导致转子刚度和临界转速的降低，对于高速电机的稳定运行十分不利，特别是给磁悬浮轴承的控制带来很大困难。高速电机的转速高达每分钟数万转甚至十几万转，采用传统机械接触式轴承不仅损耗大而且寿命短。

由于永磁电机具有力能密度大、效率高和无刷等优点，成为高速电机的首选结构。然而，高速电机转速高达每分钟数万转甚至十几万转，圆周速度可达200m/s以上，采用粉末原料烧结压制而成的永磁体抗拉强度较低，难以承受高速旋转离心力产生的巨大拉应力。用于中、低速运行的传统永磁电机结构与设计方法，不再适用于高速永磁电机。

发明内容

为了解决上述存在的问题，针对高速电机对永磁转子机械和电磁性能的特殊要求，本发明提供一种整体永磁转子磁悬浮高速电机。它是一种2极的同步电机，该电机采用了具有整体结构的永磁体，并采用非接触式磁悬浮轴承，通过改变电机结构达到其性能要求，并进行了样机的实验验证，证明了其可行性。

本发明的结构包括机壳、左端盖、右端盖、定子铁心、定子绕组、永磁转子、转轴、轴向磁悬浮轴承和左、右径向磁悬浮轴承，在电机转轴上安放有永磁转子，在机壳内壁上围绕永磁转子安放有定子铁心，定子绕组嵌入定子铁心槽中；左端盖和右端盖分别固定在定子铁

心两侧的机壳两端；在转轴与右端盖之间安放有右径向磁悬浮轴承，在转轴与左端盖之间分别安放有左径向磁悬浮轴承和轴向磁悬浮轴承，轴向磁悬浮轴承置于转轴端部，转轴的另一端通过联轴器与驱动机械连接。

永磁转子包括整体圆柱形结构的稀土永磁体、非导磁合金钢护套及紧固件；永磁体采用钕钴或钕铁硼材料，在永磁体的外侧置有高强度非导磁合金钢套，永磁体的两端分别固定有高强度非导磁合金钢紧固件，将永磁体、护套与转轴连接为一体；采用整个永磁转子加工装配之后再进行径向充磁的工艺方法。永磁体与护套之间为过盈配合。

定子绕组为环型绕组结构，即线圈边之间是通过定子铁心轭的外部连接。

左、右径向磁悬浮轴承为非接触式磁悬浮轴承，包括径向磁悬浮轴承转子和径向磁悬浮轴承的定子，径向磁悬浮轴承的定子分别固定在左端盖和右端盖上，径向磁悬浮轴承转子固定在转轴上，位于径向磁悬浮轴承定子内部。径向磁悬浮轴承的定子包括静止的定子铁心和励磁绕组。径向磁悬浮轴承类似于一台电机，通过控制定子励磁绕组中的电流，可以控制转子不同方向上所承受的径向电磁力实现转子悬浮。轴向磁悬浮轴承为非接触式磁悬浮轴承，包括轴向磁悬浮轴承支座、两个盘式轴向磁悬浮轴承定子和轴向磁悬浮轴承转子，两个盘式轴向磁悬浮轴承定子之间安装有轴向磁悬浮轴承转子，两盘式轴向磁悬浮轴承定子外侧固定有轴向磁悬浮轴承支座，轴向磁悬浮轴承支座固定在左端盖上，轴向磁悬浮轴承转子固定在转轴上。轴向磁悬浮轴承类似于一台双定子单转子的盘式电机，夹在两个盘式定子之间的导磁转子圆盘随高速电机同步旋转，通过分别控制左右定子盘中励磁绕组的电流，可以控制高速电机转子系统承受的轴向力。径向磁悬浮轴承转子和轴向磁悬浮轴承的转子均是由超薄低损耗电工钢片叠压而成，在转子上无槽和无绕组。

本发明的工作原理：当本发明作高速发电机运行时，转轴右端通过联轴器与驱动机械连接，被驱动机械拖动高速旋转的永磁转子产生的旋转磁场，在定子绕组中产生电动势，由定子绕组向外电路输出交流电能。当本发明作为电动机运行时，由变频交流电源向定子绕组供电驱动永磁转子高速旋转，通过转轴驱动负载机械旋转。

本发明的有益效果是：

1. 本发明采用的是整体圆柱形的永磁体，从根本上解决了转子体沿圆周方向上的质量均衡问题，而且采用整个永磁转子加工装配之后再进行充磁的工艺，大大简化了永磁转子的制造工艺。此外，采用径向充磁整体圆柱形永磁体，永磁转子所产生的2极磁场沿气隙正弦分布，从而减小了高速电机的谐波损耗和转矩脉动，提高了电机的效率。

2. 永磁体外面采用高强度非导磁合金钢的套筒进行保护，永磁体与护套之间采用过盈配合使护套对永磁体施加一定的预压力，用以抵消高速旋转离心力产生的拉应力，不仅从机械

上可有效地保护永磁转子，而且护套对永磁体起到了电磁屏蔽作用，防止高次谐波磁场进入永磁体产生附加损耗，有利于高速转子的散热和防止永磁体的高温失磁。

3. 定子绕组采用环型绕组，大大缩短了绕组端部长度和高速电机转子的总长度，这对于增加高速电机转子的刚度十分重要。传统绕组与环型绕组的端部结构对比如图 3、图 4 所示。

4. 本发明采用了非接触式磁悬浮轴承，不仅消除了传统轴承产生的机械磨损和噪声，而且从根本上解决了高速电机轴承的寿命问题。

附图说明

图 1 为本发明的总体结构示意图；

图 2 为本发明中永磁转子结构示意图；

图 3 为传统电机转子及定子绕组端部结构示意图；

图 4 为本发明电机转子及定子环型绕组端部结构示意图；

图中：1. 机壳，2. 定子铁心，3. 定子绕组，4. 左端盖，5. 右端盖，6. 径向磁悬浮轴承定子，7. 径向磁悬浮轴承转子，8. 轴向磁悬浮轴承定子，9. 轴向磁悬浮轴承转子，10. 永磁体，11. 轴向磁悬浮轴承支座，12. 护套，13. 紧固件，14. 转轴，L1 为传统定子绕组轴向端部长度，L2 为本发明中定子绕组轴向端部长度。

具体实施方式

下面结合附图对本发明做进一步描述。

实施例：如图 1 所示，本发明结构包括机壳 1、左端盖 4、右端盖 5、定子铁心 2、定子绕组 3、永磁转子、转轴 14、轴向磁悬浮轴承和左、右径向磁悬浮轴承，在电机转轴 14 上安放有永磁转子，在机壳 1 内壁上围绕永磁转子安放有定子铁心 2，定子绕组 3 嵌入定子铁心 2 的槽中；左端盖 4 和右端盖 5 分别固定在定子铁心 2 两侧的机壳 1 两端；在转轴 14 与右端盖 5 之间安放有右径向磁悬浮轴承，在转轴 14 与左端盖 4 之间分别安放有左径向磁悬浮轴承和轴向磁悬浮轴承，轴向磁悬浮轴承置于转轴 14 端部，转轴 14 的另一端通过联轴器与驱动机械连接。其驱动机械为原动机或负载机械。

本例中的永磁转子包括整体圆柱形结构的稀土永磁体 10、非导磁合金钢护套 12 及紧固件 13；永磁体 10 采用钕铁硼材料，在永磁体 10 的外侧置有高强度非导磁合金钢护套 12，用以保护永磁体 10，永磁体 10 的两端分别固定有高强度非导磁合金钢紧固件 13，将永磁体 10、护套 12 与转轴 14 连接为一体；采用整个永磁转子加工装配之后再进行径向充磁的工艺方法，不仅保证了高速电机转子沿圆周方向上的质量均衡，而且大大简化了永磁转子的制造工艺。此外，采用径向充磁圆柱形永磁体 10，使永磁转子产生的 2 极磁场沿气隙正弦分布，从而减小了高速电机的谐波损耗和转矩脉动，提高了电机的效率。永磁体 10 与护套 12 之间

为过盈配合,使护套 12 对永磁体 10 施加一定的预压力,用以抵消高速旋转离心力产生的拉应力,不仅从机械上可有效地保护永磁转子,而且护套 12 对永磁体 10 起到了电磁屏蔽作用,防止高次谐波磁场进入永磁体 10 产生附加损耗,有利于高速转子的散热和防止永磁体 10 的高温失磁。

定子绕组 3 为环型绕组结构,即线圈边之间是通过定子铁心轭的外部连接,而不是从端部连接,这样可使定子绕组 3 端部长度大大缩短。

左、右径向磁悬浮轴承为非接触式磁悬浮轴承,包括径向磁悬浮轴承转子 7 和径向磁悬浮轴承的定子 6,左、右径向磁悬浮轴承的定子分别固定在左端盖 4 和右端盖 5 上,径向磁悬浮轴承转子 7 固定在转轴 14 上,位于径向磁悬浮轴承定子 6 内部。径向磁悬浮轴承定子 6 包括静止的定子铁心和绕组。径向磁悬浮轴承类似于一台电机,通过控制定子励磁绕组中的电流,可以控制转子不同方向上所承受的径向电磁力实现转子悬浮。轴向磁悬浮轴承为非接触式磁悬浮轴承,包括轴向磁悬浮轴承支座 11、两个盘式轴向磁悬浮轴承定子 8 和轴向磁悬浮轴承转子 9,两个盘式轴向磁悬浮轴承定子 8 之间安装有轴向磁悬浮轴承转子 9,两盘式轴向磁悬浮轴承定子 8 外侧固定有轴向磁悬浮轴承支座 11,轴向磁悬浮轴承支座 11 固定在左端盖 4 上,轴向磁悬浮轴承转子 9 固定在转轴 14 上。轴向磁悬浮轴承类似于一台双定子单转子的盘式电机,夹在两个盘式定子 8 之间的导磁轴向磁悬浮轴承转子 9 随高速电机同步旋转,通过分别控制左右轴向磁悬浮轴承定子盘中励磁绕组的电流,可以控制高速电机转子系统承受的轴向力。径向磁悬浮轴承转子 7 和轴向磁悬浮轴承的转子 9 均是由超薄低损耗电工钢片叠压而成,在转子上无槽和无绕组。

本发明的工作原理:当本发明的永磁电机作高速发电机运行时,转轴 14 右端通过连轴器与驱动机械连接,被驱动机械拖动高速旋转的永磁转子产生的旋转磁场,在定子绕组 3 中产生电动势,由发电机的定子绕组 3 向外电路输出交流电能。当本发明的永磁电机作为电动机运行时,由变频交流电源向定子绕组供电驱动永磁转子高速旋转,通过与转轴 14 右端的连轴器带动负载机械旋转。依靠左右两个径向磁悬浮轴承产生的悬浮力实现整个高速电机转子的径向悬浮,而整个高速电机转子的轴向位移则由轴向磁悬浮轴承进行控制。

图 2 为本发明采用的整体永磁转子的横截面结构示意图,其中箭头表示的是永磁体 10 的充磁方向,而箭头线段的长短近似表示永磁体 10 产生磁场的大小,可以看出,永磁体 10 产生的是左右两端为 0 而中间最大近似正弦分布的磁场。

图 3 为传统电机转子及定子绕组结构示意图,图 4 为本发明采用的环形定子绕组及转子结构示意图,可以看出,由于环型绕组 3 在定子槽中的线圈导体通过定子铁心轭部闭合而非通过铁心端部轴向闭合,故使绕组轴向端部长度 L_2 较 L_1 大为缩短,从而减小了高速电机转子的总长度和增加了高速电机转子的刚度。

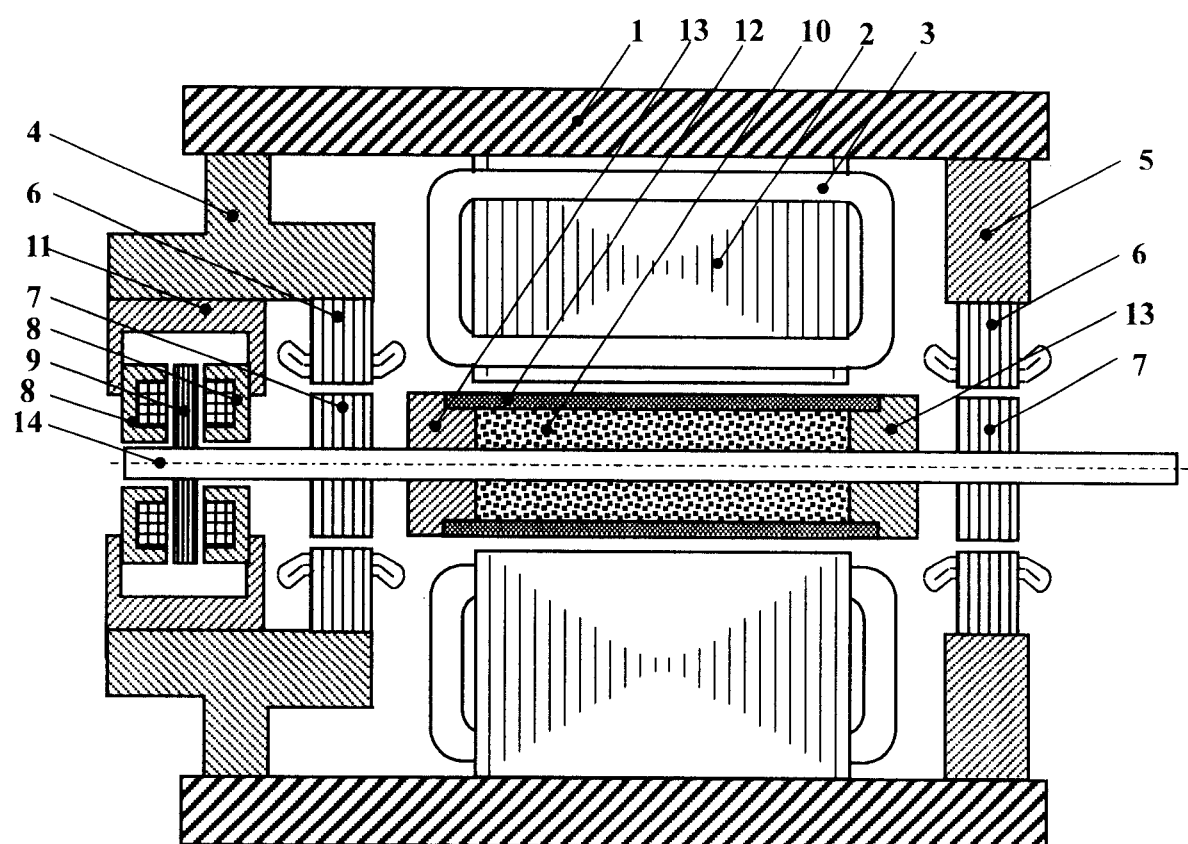


图 1

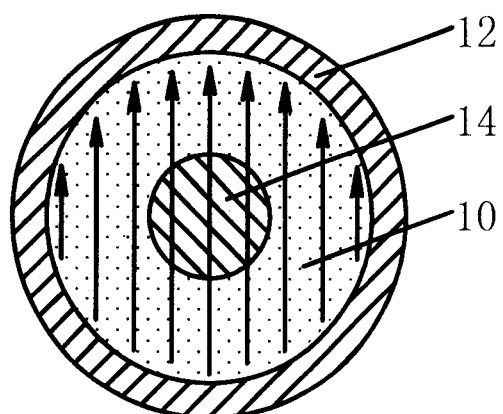


图2

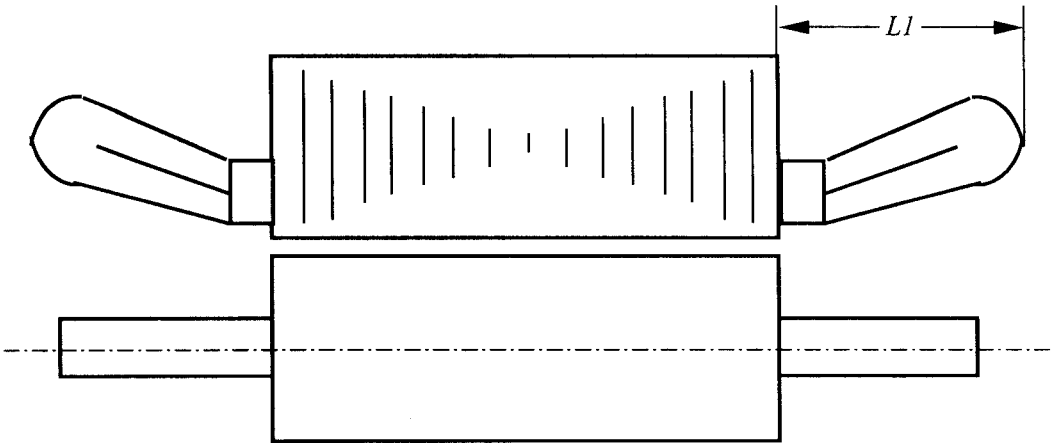


图 3

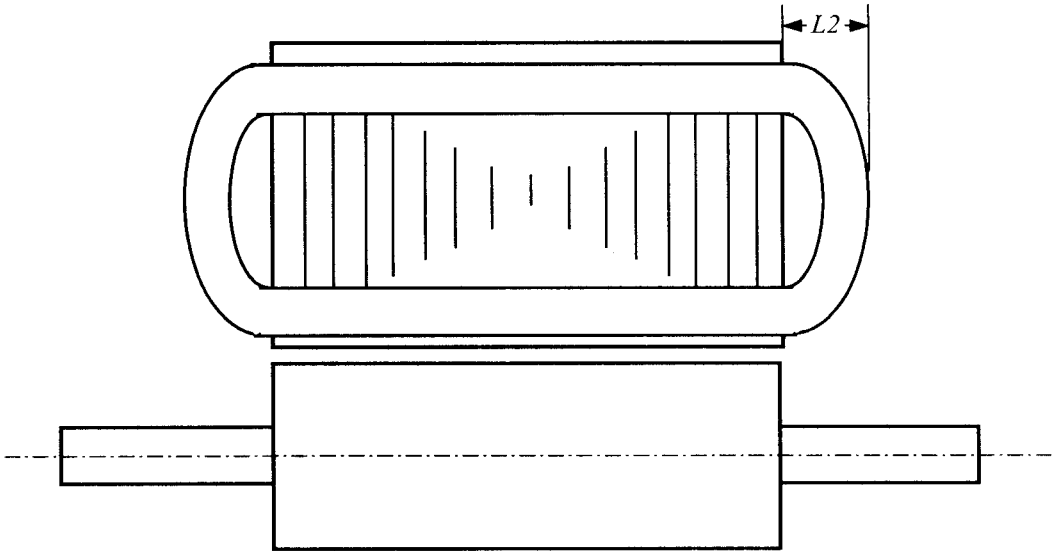


图 4