



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103698128 A

(43) 申请公布日 2014. 04. 02

(21) 申请号 201310715398. 2

(22) 申请日 2013. 12. 23

(71) 申请人 武汉理工大学

地址 430070 湖北省武汉市洪山区珞狮路
122 号

(72) 发明人 胡业发 吴华春 彭时敏 王念先
李博宇 刘明学 董如昊

(74) 专利代理机构 湖北武汉永嘉专利代理有限
公司 42102

代理人 王守仁

(51) Int. Cl.

G01M 13/04 (2006. 01)

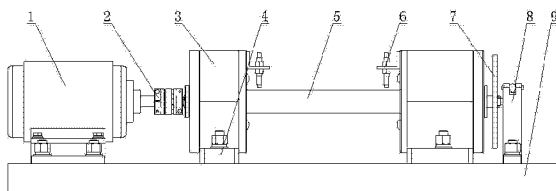
权利要求书2页 说明书5页 附图5页

(54) 发明名称

一种大气隙混合磁悬浮轴承性能测试装置

(57) 摘要

本发明提供的大气隙混合磁悬浮轴承性能测试装置, 由依次以机械方式连接的驱动系统、大气隙混合磁悬浮轴承系统、测量系统、加载系统组成, 其中: 驱动系统包括电动机(1)、联轴器(2), 大气隙混合磁悬浮轴承系统包括大气隙混合磁悬浮轴承(3)、基座(4), 测量系统包括旋转主轴(5)、位移传感器(6), 加载系统包括动平衡圆盘(7)、砝码加载装置(8); 自左向右, 所述电动机(1)、基座(4)和加载支架(16)依次通过螺栓固定在基座平台(9)上。本发明装置能在静态和动态情况下对大气隙混合磁轴承进行测量和实验, 为大气隙混合磁轴承设计优化提供实验依据。



1. 一种大气隙混合磁悬浮轴承性能测试装置,其特征是由依次以机械方式连接的驱动系统、大气隙混合磁悬浮轴承系统、测量系统、加载系统组成,其中:驱动系统包括电动机(1)、联轴器(2),大气隙混合磁悬浮轴承系统包括大气隙混合磁悬浮轴承(3)、基座(4),测量系统包括旋转主轴(5)、位移传感器(6),加载系统包括动平衡圆盘(7)、砝码加载装置(8);自左向右,所述电动机(1)、基座(4)和加载支架(16)依次通过螺栓固定在基座平台(9)上。

2. 根据权利要求1所述的大气隙混合磁悬浮轴承性能测试装置,其特征在于所述的大气隙混合磁悬浮轴承系统由大气隙混合磁悬浮轴承前端盖(11)、大气隙混合磁悬浮轴承底座(12)、大气隙混合磁悬浮轴承后端盖(13)和位于这3个部件所围的空间内的大气隙混合磁悬浮轴承(3)构成。

3. 根据权利要求2所述的大气隙混合磁悬浮轴承性能测试装置,其特征在于所述大气隙混合磁悬浮轴承(3)由定子叠片组件和转子叠片组件构成,其中定子铁上四个磁极绕线圈成为电磁磁极,永磁体通过粘在定子铁相应位置上成为永磁磁极,与电磁磁极夹角为 45° ,然后将永磁极靴粘在永磁体端部,隔磁片粘在定子铁和永磁体上,并用内六角螺栓将永磁极靴与定子隔磁片固连。

4. 根据权利要求1所述的大气隙混合磁悬浮轴承性能测试装置,其特征在于所述旋转主轴(5)的两端在大气隙混合磁悬浮轴承(3)的支撑下实现悬浮,通过传感器测量旋转主轴(5)的径向位移,采用砝码加载装置(8)对旋转主轴(5)进行加载,改变加载系统的各项参数,从而测出整个大气隙混合磁悬浮轴承系统的包括刚度、载荷、支承特性各项性能;或者,所述的旋转主轴(5)的一端采用机械轴承(10)支撑,另一端采用大气隙混合磁悬浮轴承(3)支撑,测试单个大气隙混合磁悬浮轴承的包括刚度、载荷、支承特性各项性能。

5. 根据权利要求1所述的大气隙混合磁悬浮轴承性能测试装置,其特征在于所述的旋转主轴(5),一端与联轴器(2)相连,另一端用于安装加载轴承(14);位移传感器(6)通过传感器支架与大气隙混合磁悬浮轴承(3)的后端盖(13)固连。

6. 根据权利要求5所述的大气隙混合磁悬浮轴承性能测试装置,其特征在于所述的旋转主轴(5)由导磁材料制作,其中间测量段直接用作位移传感器(6)的测量轴。

7. 根据权利要求1所述的大气隙混合磁悬浮轴承性能测试装置,其特征在于所述的动平衡圆盘(7),一端依靠旋转主轴(5)的轴肩定位,同时起保护轴承定位的作用;另一端依靠旋转主轴(5)上的螺母拧紧固定;末端安装砝码加载装置(8);周向均布多个个螺纹孔,用以安装螺钉作为加载质量块,完成动平衡实验。

8. 根据权利要求7所述的大气隙混合磁悬浮轴承性能测试装置,其特征在于所述的砝码加载装置(8)由加载轴承(14)、加载杆(15)和加载支架(16)构成;所述加载杆(15)的支点与加载支架(16)连接,支点到轴承座与到砝码悬挂孔的距离为1:10,其前端与加载轴承(14)连接,后端打孔用以悬挂加载砝码或通过激振器给旋转主轴(5)加变载荷。

9. 根据权利要求1所述的大气隙混合磁悬浮轴承性能测试装置,其特征在于所述的驱动系统、大气隙混合磁悬浮轴承系统和测量系统的对中安装,依靠一外径与大气隙混合磁悬浮轴承定子内径等大的安装棒对中调试,在基座(4)上固定好大气隙混合磁悬浮轴承底座的位置后将安装棒抽出,并在大气隙混合磁悬浮轴承定子内径安装轴承气隙支架,以免安装旋转主轴和大气隙混合磁悬浮轴承转子时,损伤大气隙混合磁悬浮轴承定子。

10. 权利要求 1 至 9 中任一权利要求所述大气隙混合磁悬浮轴承性能测试装置的用途，其特征在于该装置用于风力发电机、人工心脏泵或磁悬浮工艺品中混合磁悬浮轴承的性能测试。

一种大气隙混合磁悬浮轴承性能测试装置

技术领域

[0001] 本发明涉及磁悬浮支承技术领域,具体涉及到一种测试大气隙混合磁悬浮轴承刚度、载荷、支承特性等性能的实验装置。

背景技术

[0002] 磁悬浮轴承是利用磁力将转子稳定悬浮起来的轴承,按工作原理可分为主动磁悬浮轴承、被动磁悬浮轴承和混合磁悬浮轴承。混合磁悬浮轴承是将主动磁悬浮轴承与被动磁悬浮轴承组合起来形成的一种磁悬浮轴承系统,兼顾了主动磁悬浮轴承动态性能好和被动磁悬浮轴承磁密度高、体积小、无功耗的特点。特别是随着科学技术的发展,混合磁悬浮轴承在风力发电机、人工心脏泵、磁悬浮工艺品等场合运用广泛,而以上产品悬浮的间隙往往达到几个毫米及以上的大气隙。

[0003] 在大气隙下,由于气隙磁场分布不均匀、漏磁大幅增大、工作点变化范围大,磁场非线性强烈,导致原磁悬浮轴承理论计算的磁场基本假设不成立。传统转子结构动力学的理论和常规磁悬浮转子动力学均没有涉及大气隙条件下磁悬浮轴承转子系统机电耦合的动力学问题。因此需要进行实验测试,了解大气隙混合磁悬浮轴承的刚度、载荷、支承特性等大气隙混合磁悬浮轴承性能。同时,现在并无任何现有专利与大气隙混合磁悬浮轴承的性能测试相关。

发明内容

[0004] 本发明所要解决的技术问题是:提供一种大气隙混合磁悬浮轴承性能测试装置,该装置既能分别测量单个大气隙混合磁悬浮轴承,又能测量一对大气隙混合磁悬浮轴承同时作用时的刚度、载荷、支承特性等性能,为大气隙混合磁悬浮轴承的理论研究工作提供可靠的实验依据。

[0005] 本发明解决其技术问题采用以下的技术方案:

[0006] 本发明提供的大气隙混合磁悬浮轴承性能测试装置,其由依次以机械方式连接的驱动系统、大气隙混合磁悬浮轴承系统、测量系统、加载系统组成,其中:驱动系统包括电动机、联轴器,大气隙混合磁悬浮轴承系统包括大气隙混合磁悬浮轴承、基座,测量系统包括旋转主轴、位移传感器,加载系统包括动平衡圆盘、砝码加载装置;自左向右,所述电动机、基座和加载支架依次通过螺栓固定在基座平台上。

[0007] 所述的大气隙混合磁悬浮轴承系统可以由大气隙混合磁悬浮轴承前端盖、大气隙混合磁悬浮轴承底座、大气隙混合磁悬浮轴承后端盖和位于这3个部件所围的空间内的大气隙混合磁悬浮轴承构成。

[0008] 所述大气隙混合磁悬浮轴承可以由定子叠片组件和转子叠片组件构成,其中定子铁上四个磁极绕线圈成为电磁磁极,永磁体通过AB胶粘在定子铁相应位置上成为永磁磁极,与电磁磁极夹角为 45° ,永磁极靴粘在永磁体端部后,将隔磁片粘在定子铁和永磁体上,并用内六角螺栓将永磁极靴与定子隔磁片固连。

[0009] 所述旋转主轴的两端可以在大气隙混合磁悬浮轴承的支撑下实现悬浮,通过传感器测量旋转主轴的径向位移,采用砝码加载装置对旋转主轴进行加载,改变加载系统的各项参数,从而测出整个大气隙混合磁悬浮轴承系统的包括刚度、载荷、支承特性各项性能;或者,所述的旋转主轴的一端可以采用机械轴承支撑,另一端可以采用大气隙混合磁悬浮轴承支撑,测试单个大气隙混合磁悬浮轴承的包括刚度、载荷、支承特性各项性能。

[0010] 所述的旋转主轴,其一端可以与联轴器相连,其另一端可以用于安装加载装置中的加载轴承;位移传感器通过传感器支架与大气隙混合磁悬浮轴承的后端盖固连。

[0011] 所述的旋转主轴可以由导磁材料制作,其中间测量段直接用作位移传感器的测量轴。

[0012] 所述的动平衡圆盘,其一端可以依靠旋转主轴的轴肩定位,同时起保护轴承定位的作用;其另一端可以依靠旋转主轴上的螺母拧紧固定;其末端可以安装砝码加载装置;其周向可以均布多个个螺纹孔,用以安装螺钉作为加载质量块,完成动平衡实验。

[0013] 所述的砝码加载装置由加载轴承、加载杆和加载支架构成;所述加载杆,其支点与加载支架连接,支点到轴承座与到砝码悬挂孔的距离为 1:10,其前端与加载轴承连接,其后端打孔用以悬挂加载砝码或通过激振器给旋转主轴加变载荷。

[0014] 所述的驱动系统、大气隙混合磁悬浮轴承系统和测量系统的对中安装时,应依靠一外径与大气隙混合磁悬浮轴承定子内径等大的安装棒对中调试,在基座上固定好大气隙混合磁悬浮轴承底座的位置后将安装棒抽出,并在大气隙混合磁悬浮轴承定子内径安装轴承气隙支架,以免安装旋转主轴和大气隙混合磁悬浮轴承转子时,损伤大气隙混合磁悬浮轴承定子。

[0015] 本发明提供的上述大气隙混合磁悬浮轴承性能测试装置,其在测试风力发电机、人工心脏泵或磁悬浮工艺品使用的混合磁悬浮轴承的性能中的应用。

[0016] 本发明与现有技术相比,具有以下的主要优点:

[0017] 1. 能在静态和动态情况下对大气隙混合磁悬浮轴承的径向位移进行实时测量,并根据重力加载装置提供的径向加载力,测出大气隙混合磁悬浮轴承静态和动态的支承刚度。

[0018] 2. 既能测量单个大气隙混合磁悬浮轴承的性能,也能完成旋转主轴两端同时悬浮时,大气隙混合磁悬浮轴承系统的刚度、载荷、支承特性等实验。

[0019] 3. 通过调节偏置电流和位移可以测出每个大气隙混合磁悬浮轴承,以及整个大气隙混合磁悬浮轴承系统的电流刚度和位移刚度。

[0020] 4. 通过不同重力加载砝码的加载力,测出大气隙混合磁悬浮轴承的承载特性曲线。

[0021] 5. 通过给旋转主轴加载不平衡载荷,测出在不平衡载荷的条件下,大气隙混合磁悬浮支承系统的动态稳定性。

[0022] 6. 本装置结构简单、操作方便、测量数据点多、测量数据可靠,能为大气隙混合磁悬浮轴承的性能提供实验依据。

[0023] 本发明所述的大气隙混合磁悬浮轴承与大气隙混合磁轴承为同一部件。

附图说明

- [0024] 图 1 是本发明提供的大气隙混合磁悬浮轴承实验装置的结构示意图。
- [0025] 图 2 是本发明提供的大气隙混合磁悬浮轴承实验装置的结构示意图(剖面图)。
- [0026] 图 3 是图 1 的俯视图。
- [0027] 图 4 是图 1 的右视图。
- [0028] 图 5 是两端大气隙混合磁悬浮轴承的实验原理图。
- [0029] 图 6 是单边大气隙混合磁悬浮轴承的实验原理图。
- [0030] 图 7 是驱动端大气隙混合大气隙混合磁悬浮轴承系统结构示意图(剖面图)。
- [0031] 图 8 是位移传感器位置布置图。
- [0032] 图 9 是动平衡圆盘的结构示意图。
- [0033] 图 10 是加载装置结构示意图(剖面图)。
- [0034] 图 11 是动态稳定性实验的原理图。
- [0035] 图中 :1. 电动机 ;2. 联轴器 ;3. 大气隙混合磁悬浮轴承 ;4. 基座 ;5. 旋转主轴 ;6. 位移传感器 ;7. 动平衡圆盘 ;8. 砝码加载装置 ;9. 基座平台 ;10. 机械轴承 ;11. 大气隙混合磁悬浮轴承前端盖 ;12. 大气隙混合磁悬浮轴承底座 ;13. 大气隙混合磁悬浮轴承后端盖 ;14. 加载轴承 ;15. 加载杆 ;16. 加载支架 ;17. 砝码 ;18. 加载质量块。

具体实施方式

[0036] 下面结合实施例及附图对本发明作进一步说明,但并不局限于下面所述内容。

[0037] 本发明是一种大气隙混合磁悬浮轴承性能测试装置,其结构如图 1 至图 4 所示,由依次以机械方式连接的驱动系统、大气隙混合磁悬浮轴承系统、测量系统、加载系统组成,其中 :驱动系统包括电动机 1、联轴器 2,大气隙混合磁悬浮轴承系统包括大气隙混合磁悬浮轴承 3、基座 4,测量系统包括旋转主轴 5、位移传感器 6,加载系统包括动平衡圆盘 7、砝码加载装置 8。自左向右,所述电动机 1、基座 4 和加载支架 16 依次通过螺栓固定在基座平台 9 上。

[0038] 上述的大气隙混合磁悬浮轴承性能测试装置,其驱动系统、大气隙混合磁悬浮轴承系统、测量系统的对中安装,需要依靠一外径与大气隙混合磁悬浮轴承定子内径等大的安装棒进行对中调试。在基座上固定好大气隙混合磁悬浮轴承底座的位置后将安装棒抽出,并在大气隙混合磁悬浮轴承定子内径安装轴承气隙支架,以免安装旋转主轴和大气隙混合磁悬浮轴承转子时,损伤大气隙混合磁悬浮轴承定子。

[0039] 上述的旋转主轴 5 的两端可以在大气隙混合磁悬浮轴承 3 的支撑下实现悬浮,通过传感器测量旋转主轴 5 的径向位移,采用砝码加载装置 8 对旋转主轴 5 进行加载,改变控制系统各项参数,从而测出整个大气隙混合磁悬浮轴承系统的各项性能,如刚度、载荷、支承特性等,如图 5 所示 ;所述的旋转主轴 5 也可一端采用机械轴承 10 支撑,另一端采用大气隙混合磁悬浮轴承 3 支撑,测试单个大气隙混合磁悬浮轴承的刚度、载荷、支承特性等性能。位于驱动端的大气隙混合磁悬浮轴承的结构如图 6 所示,由于位于驱动端的大气隙混合磁悬浮轴承的轴向长度仅为位于加载端的大气隙混合磁悬浮轴承的一半,将其置于加载端轴承底座之后需用一套筒定位。

[0040] 上述的大气隙混合磁悬浮轴承系统,其结构如图 7 所示 :由大气隙混合磁悬浮轴承前端盖 11、大气隙混合磁悬浮轴承底座 12、大气隙混合磁悬浮轴承后端盖 13 和位于这 3

个部件所围的空间内的大气隙混合磁悬浮轴承 3 构成。大气隙混合磁悬浮轴承 3 由定子叠片组件和转子叠片组件构成。定子铁上四个磁极绕线圈成为电磁磁极,永磁体通过 AB 胶粘在定子铁相应位置上成为永磁磁极,与电磁磁极夹角为 45° 。永磁极靴粘在永磁体端部后,将隔磁片粘在定子铁和永磁体上,并用内六角螺栓将永磁极靴与定子隔磁片固连。工作时,大气隙混合磁悬浮轴承 3 将承受主轴自重以及外加测量载荷等主要载荷。

[0041] 上述的永磁体为柱状结构的稀土永磁体,充磁方向为沿径向指向圆心。

[0042] 上述的转子叠片组件套在旋转主轴上,其径向位移由径向载荷控制。

[0043] 上述的大气隙混合磁悬浮轴承前端盖 11 中心处为机械轴承 10 的外套筒,可以放置内径为旋转主轴 5 直径大小的机械轴承,用以支承旋转主轴 5 的一端,完成单个大气隙混合磁悬浮轴承的刚度、载荷、支撑性能等实验,如图 5 所示;也可以更换为内径略大于旋转主轴 5 直径的机械轴承作为保护轴承,使旋转主轴 5 完全悬浮,完成大气隙混合磁悬浮轴承系统的刚度、载荷、支撑性能实验。大气隙混合磁悬浮轴承前端盖 11 用内六角螺栓与大气隙混合磁悬浮轴承底座 12 固连,如图 7 所示。

[0044] 上述的隔磁片可以由铝或者其他的不导磁材料(如铜、不锈钢等)制成。

[0045] 上述的测量系统由旋转主轴 5 和位移传感器 6 组成,其中,旋转主轴 5 的一端与联轴器 2 相连,旋转主轴 5 的另一端用于安装加载装置中的加载轴承 14;位移传感器 6 安装在传感器支架上,传感器支架通过内六角螺栓与大气隙混合磁悬浮轴承后端盖 13 固连。

[0046] 上述的旋转主轴 5 由导磁材料制作,可以直接用作位移传感器 6 的测量轴。

[0047] 上述的位移传感器 6 为位移传感器,每个大气隙混合磁悬浮轴承 3 处各采用两个位移传感器 6 且呈 90° 布置或者 45° 布置,固定在大气隙混合磁悬浮轴承后端盖 13 上的传感器支架上,探头指向旋转主轴 5 的被测圆周面,布置位置如图 8 所示。

[0048] 上述的加载系统由动平衡圆盘 7 和砝码加载装置 8,动平衡圆盘 7 的一端依靠旋转主轴 5 的轴肩定位,同时为保护轴承定位,动平衡圆盘 7 的另一端依靠旋转主轴 5 上的圆螺母拧紧固定;重力砝码装置 8 安装在旋转主轴 5 的末端。

[0049] 上述的动平衡圆盘 7 周向均布 36 个螺纹孔,如图 9 所示,用以安装螺钉作为加载质量块 18,完成动平衡实验。

[0050] 上述的砝码加载装置 8 可加载固定载荷,也可将加载变载荷,力传感器以及激振。参见图 10,该砝码加载装置由加载轴承 14、加载杆 15 和加载支架 16 构成。所述加载杆 15,其支点与加载支架 16 连接,其前端与加载轴承 14 连接,其后端打孔用以悬挂加载砝码,支点到轴承座与到砝码悬挂孔的距离为 1:10,运用杠杆原理减轻加载砝码的重量。

[0051] 本发明装置用于大气隙混合磁悬浮轴承的性能测试,具体如下:

[0052] 1. 静刚度的测量:

[0053] 首先使旋转主轴 5 稳定悬浮且转速为零,将 4 个位移传感器 6 的读数调零,并对其初始位置设定。完成后,在砝码加载装置 8 处逐渐增加砝码 17,当旋转主轴 5 再次稳定悬浮后,测量并记录相应的位移值。原理图如图 6 所示。

[0054] 2. 动刚度的测量:

[0055] 首先使旋转主轴 5 稳定悬浮且转速为零,将 4 个位移传感器 6 的读数调零,并对其初始位置设定。完成后,启动电动机 1 使旋转主轴 5 开始转动,在砝码加载装置 8 处逐渐增加砝码 17,当旋转主轴 5 再次稳定悬浮后,测量并记录相应的位移值。原理图如图 6 所

示。

[0056] 3. 电流刚度 / 位移刚度的测量：

[0057] 首先使旋转主轴 5 稳定悬浮且转速为零，将 4 个位移传感器 6 的读数调零，并对其进行初始位置设定。完成后，在砝码加载装置 8 处逐渐增加砝码 17，并保持工作电流不变或者保持位移不变，测量并记录相应位移的增量。原理图如图 6 所示。

[0058] 4. 获取承载特性曲线：

[0059] 首先使旋转主轴 5 稳定悬浮且转速为零，将 4 个位移传感器 6 的读数调零，并对其进行初始位置设定。完成后，在砝码加载装置 8 处逐渐增加砝码 17，测量并记录相应的位移值，得到静态承载特性；启动电机 1 使旋转主轴 5 转动起来，在砝码加载装置 8 处逐渐增加砝码 17，测量并记录相应的位移值，得到动态承载特性。原理图如图 6 所示。

[0060] 5. 不平衡载荷下大气隙混合磁悬浮转子系统的动态稳定性的测量：

[0061] 首先使旋转主轴 5 稳定悬浮且转速为零，将 4 个位移传感器 6 的读数调零，并对其进行初始位置设定。在动平衡圆盘 7 的外周拧上螺钉，启动电动机 1 使旋转主轴 5 开始转动，调整控制系统参数使旋转主轴 5 再次稳定悬浮。其原理如图 11 所示。

[0062] 本发明提供的上述大气隙混合磁悬浮轴承性能测试装置，其在测试风力发电机、人工心脏泵或磁悬浮工艺品使用的混合磁悬浮轴承的性能中的应用。

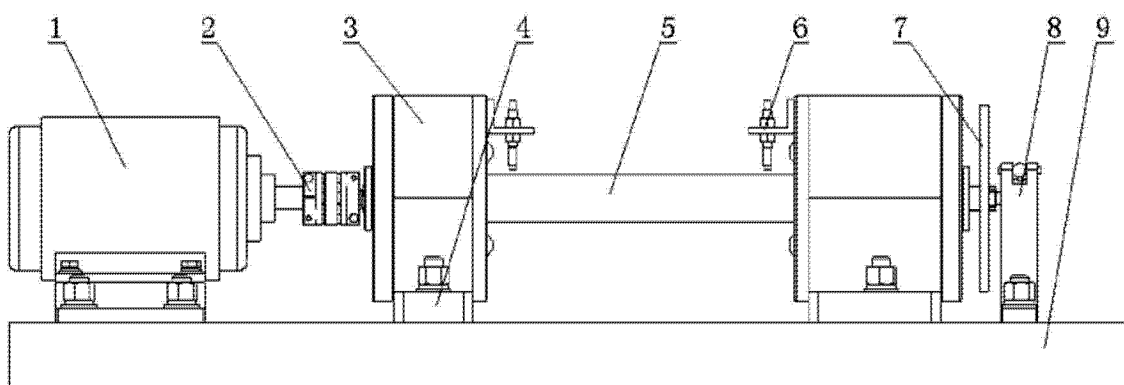


图 1

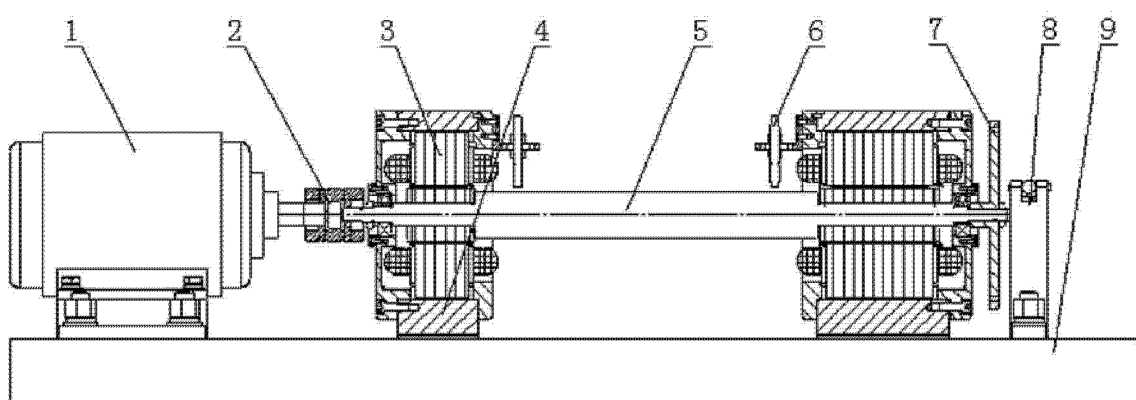


图 2

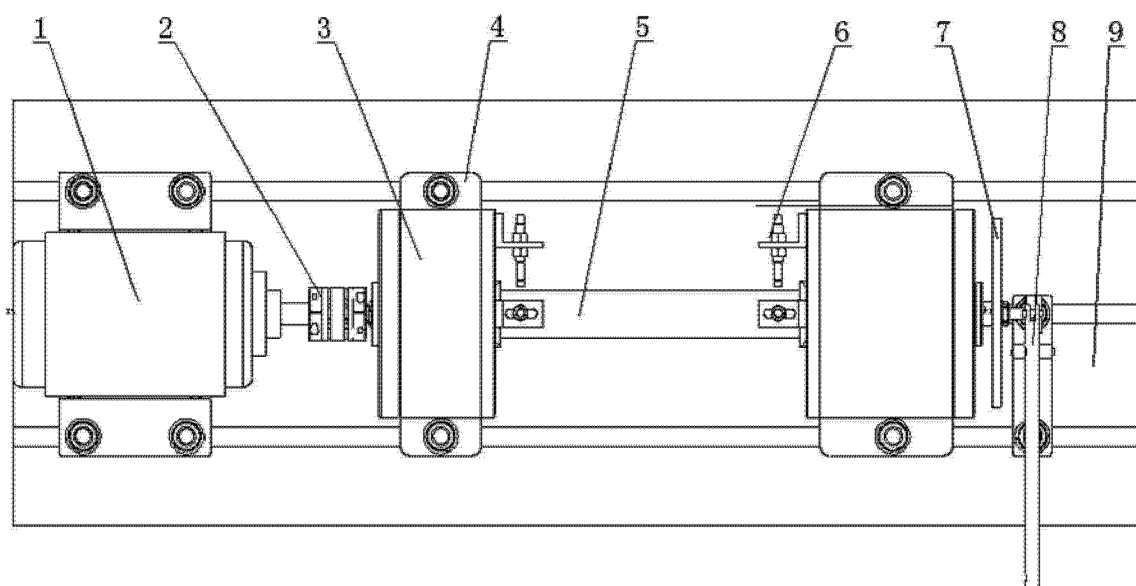


图 3

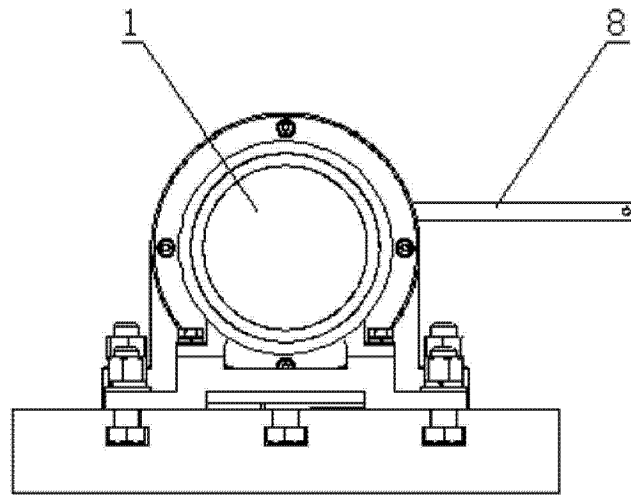


图 4

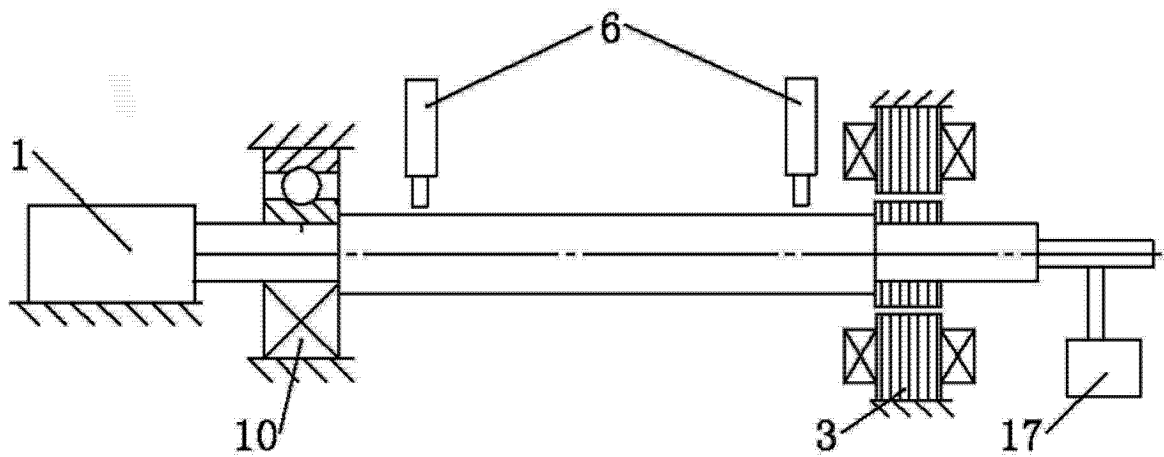


图 5

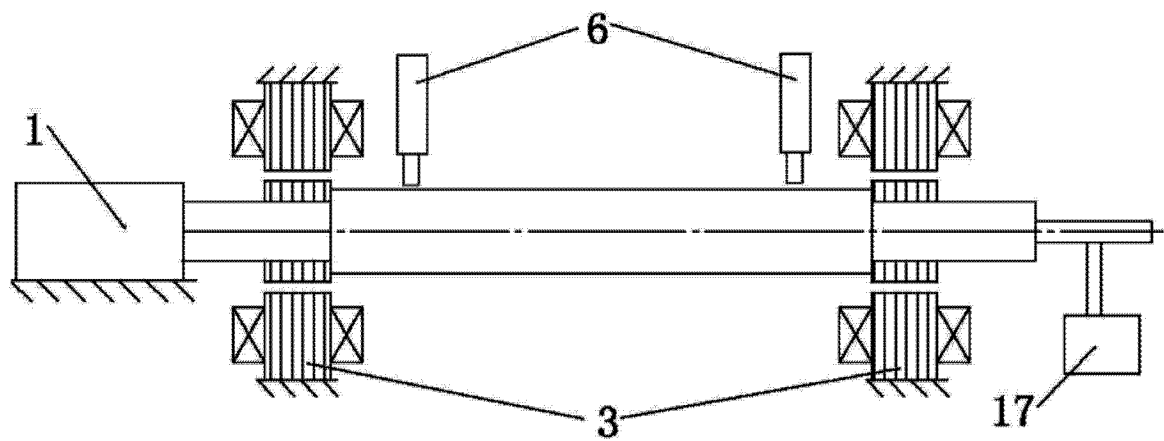


图 6

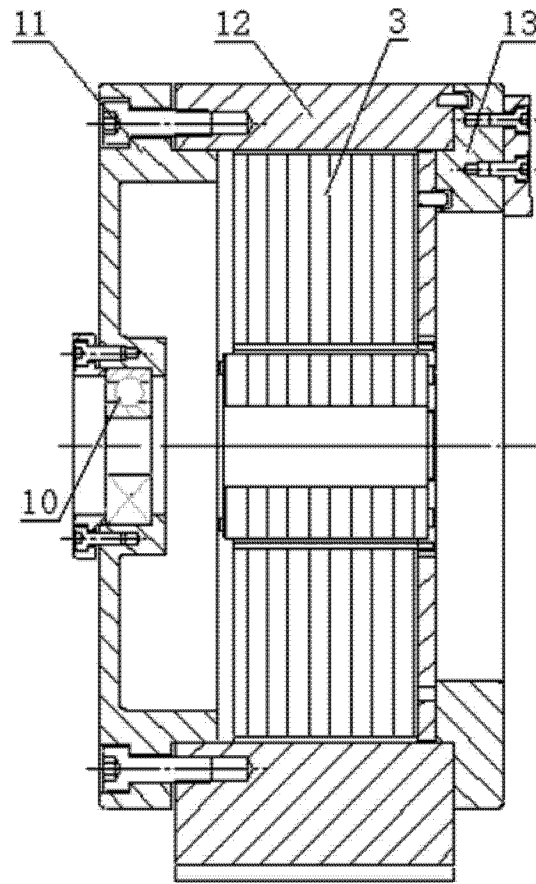


图 7

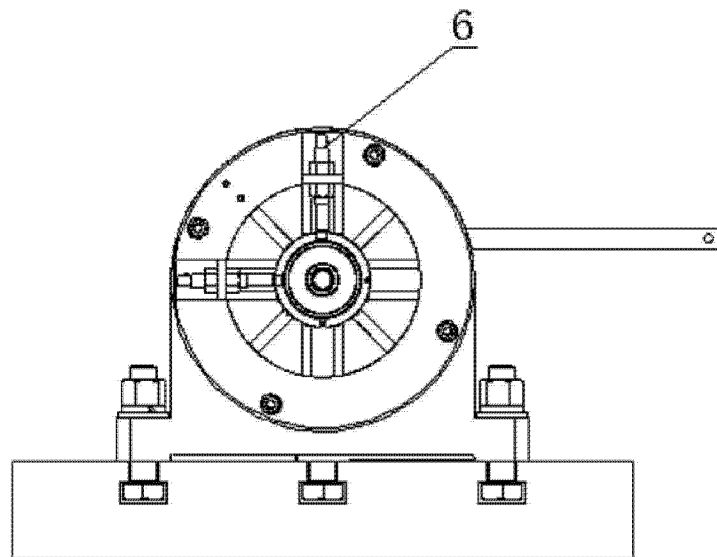


图 8

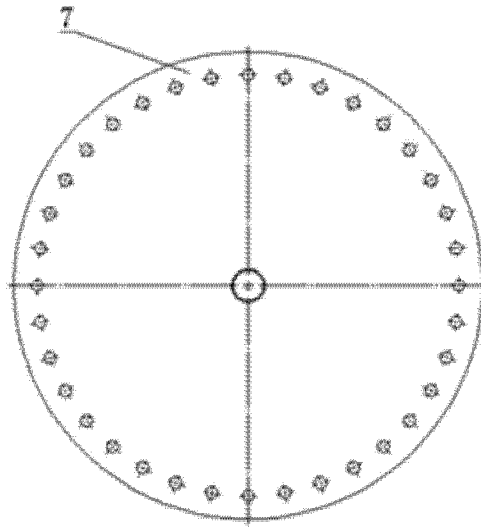


图 9

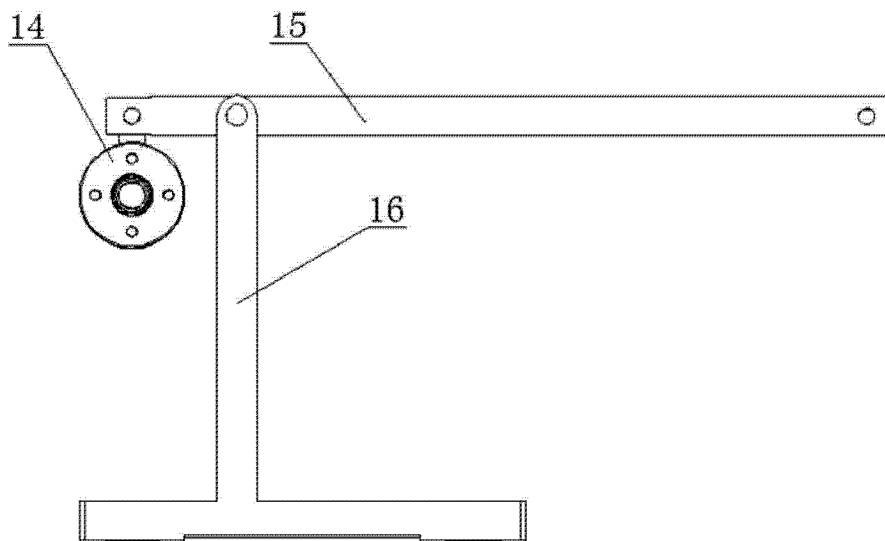


图 10

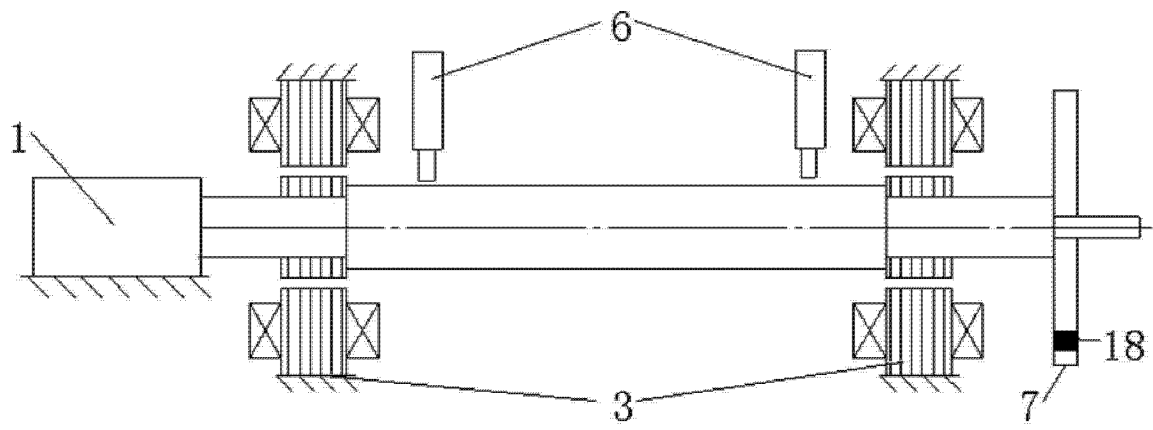


图 11