



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103216452 B

(45) 授权公告日 2016. 05. 11

(21) 申请号 201310149559. 6

CN 201667629 U, 2010. 12. 08,

(22) 申请日 2013. 04. 25

CN 202111662 U, 2012. 01. 11,

(73) 专利权人 常州雷利电机科技有限公司

CN 201621093 U, 2010. 11. 03,

地址 213031 江苏省常州市新北区电子科技
产业园新四路 18 号

EP 1411248 A1, 2004. 04. 21,

US 5692880 A, 1997. 12. 02,

审查员 刘路

(72) 发明人 王胜 赵殿合 邵韦 朋兴谱

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所
11105

代理人 陈铎

(51) Int. Cl.

F04D 13/06(2006. 01)

F04D 29/24(2006. 01)

H02P 21/05(2006. 01)

H02K 29/03(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101832274 A, 2010. 09. 15,

CN 201478972 U, 2010. 05. 19,

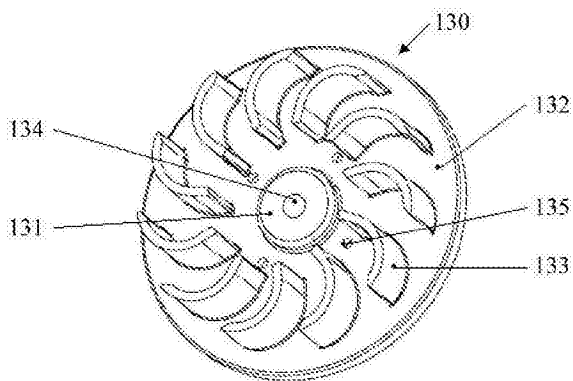
权利要求书2页 说明书12页 附图7页

(54) 发明名称

排水泵

(57) 摘要

本发明公开了一种排水泵,其特征在于,所述排水泵包括叶轮和用于驱动叶轮的无刷电动机,该叶轮包括轮盘和多个设置在轮盘上的叶片,所述叶片从轮盘表面沿叶轮轴线方向延伸远离轮盘表面,且具有邻近叶轮轴线的第一端和远离叶轮轴线且与第一端相对的第二端;其中叶片在垂直于叶轮轴线的平面中具有平滑弯曲的截面形状,所述截面形状至少包括邻近第一端的第一弧形区段和邻近第二端的第二弧形区段,第一弧形区段具有第一曲率半径,而第二弧形区段具有不同于第一曲率半径的第二曲率半径。本发明所提供的排水泵结构简单,寿命较长,且适合批量生产。



1. 一种排水泵,其特征在于,所述排水泵包括叶轮和用于驱动叶轮的无刷电动机,该叶轮包括轮盘和多个设置在轮盘上的叶片,所述叶片从轮盘表面沿叶轮轴线方向延伸远离轮盘表面,且具有邻近叶轮轴线的第一端和远离叶轮轴线且与第一端相对的第二端;

其中叶片在垂直于叶轮轴线的平面中具有平滑弯曲的截面形状,所述截面形状至少包括邻近第一端的第一弧形区段和邻近第二端的第二弧形区段,第一弧形区段具有第一曲率半径,而第二弧形区段具有不同于第一曲率半径的第二曲率半径,其中第一曲率半径大于第二曲率半径,第一弧形区段在第一端处的切线与在该位置的径向方向的夹角为叶片的入口角 α ,所述叶片的入口角 α 为 $0-25^\circ$;而第二弧形区段在第二端处的切线与在该位置的径向方向的夹角为叶片的出口角 β ,所述叶片的出口角 β 为 $70-90^\circ$ 。

2. 如权利要求1所述的排水泵,其特征在于,其中第一端为叶片的入口端且第二端为叶片的出口端。

3. 如权利要求1所述的排水泵,其特征在于,第一弧形区段和第二弧形区段的曲率中心在叶片的同一侧。

4. 如权利要求1所述的排水泵,其特征在于,叶片还包括位于第一弧形区段和第二弧形区段之间的线性或弧形的第三区段。

5. 如权利要求4所述的排水泵,其特征在于,该第三区段为具有第三曲率半径的第三弧形区段,该第三曲率半径大于第一和第二曲率半径。

6. 如权利要求4所述的排水泵,其特征在于,该第三区段为具有第三曲率半径的第三弧形区段,该第三曲率半径在第一和第二曲率半径之间。

7. 如权利要求1所述的排水泵,其特征在于,轮盘中心具有叶轮孔,用于与电动机轴连接,叶轮孔与叶片的第一端之间的环状区域内设置有至少一个泄压孔。

8. 如权利要求1所述的排水泵,其特征在于,所述轮盘和叶片一体成形为单件。

9. 权利要求1所述的排水泵,其特征在于,所述无刷电动机包括:

电机壳;

电机轴;

转子组件,安装在所述电机轴上且随所述电机轴的旋转而同步旋转,包括转子铁芯以及嵌放在所述转子铁芯上的转子磁极;

定子组件,包括定子铁芯以及绕制在定子铁芯槽中的三相定子绕组;以及

控制板,包括三相逆变电路,并且包括电路控制部件,该电路控制部件采用空间矢量脉宽调制技术控制所述三相逆变电路向所述定子组件上的三相定子绕组输出的三相电压,

其中,所述控制板均容纳在所述电机壳中。

10. 如权利要求9所述的排水泵,其特征在于,所述定子组件采用分数槽结构。

11. 如权利要求9所述的排水泵,其特征在于,所述转子组件中的单个转子磁极在对应的极距范围内所占的电气角度范围为 $90^\circ-120^\circ$ 。

12. 如权利要求9所述的排水泵,其特征在于,所述控制板还包括检测部件和模数转换部件,所述检测部件用于检测所述三相逆变电路向所述定子组件上的三相定子绕组输出的三相电压和三相电流并且输出三相电压检测信号和三相电流检测信号;所述模数转换部件将所述检测部件所检测到的三相电压检测信号和三相电流检测信号转换为数字电压信号和数字电流信号,并将转换得到的数字电压信号和数字电流信号提供给所述电路控制部

件。

13. 如权利要求12所述的排水泵,其特征在于,所述电路控制部件利用从所述模数转换部件接收的数字电压信号和数字电流信号,采用滑模控制方法估计所述转子组件的转子磁极的位置。

14. 如权利要求13所述的排水泵,其特征在于,所述电路控制部件利用所估计的转子磁极的位置、以及所述数字电压信号和数字电流信号,采用空间矢量脉宽调制技术产生用于控制所述三相逆变电路中的功率开关器件的脉冲信号。

15. 如权利要求14所述的排水泵,其特征在于,所述控制板还包括差分放大部件,所述差分放大部件从所述检测部件接收所述三相电压检测信号和三相电流检测信号,放大所述三相电压检测信号和三相电流检测信号,并将放大后的三相电压检测信号和三相电流检测信号输出到所述模数转换部件。

16. 如权利要求9所述的排水泵,其特征在于,所述电路控制部件为一个或多个微处理器或数字信号处理器。

17. 如权利要求9所述的排水泵,其特征在于,所述控制板还包括三相输出端和接地端,所述三相输出端分别与所述三相逆变电路的三相输出端连接并且分别与所述三相定子绕组连接,所述接地端与所述三相逆变电路的中心点连接并且与所述三相定子绕组的中心点连接。

18. 如权利要求15所述的排水泵,其特征在于,在所述控制板上,所述三相逆变电路和所述检测部件布置在一起,而所述电路控制部件、所述差分放大部件和所述模数转换部件与所述三相逆变电路和所述检测部件隔开布置。

19. 如权利要求9所述的排水泵,其特征在于,所述控制板通过机械配合的方式与所述定子组件固定在一起。

20. 如权利要求1所述的排水泵,其特征在于,所述排水泵用于洗碗机或洗衣机中。

排水泵

技术领域

[0001] 本发明涉及排水泵技术领域,更具体地,本发明涉及一种排水泵及其叶轮。

背景技术

[0002] 目前,洗碗机、洗衣机等家用电器循环水或排水所用排水泵的电动机通常为感应电动机或单相永磁同步电动机。感应电动机由于效率较低、结构复杂、体积较大、成本较高,已逐步退出洗碗机、洗衣机等家用电器排水泵应用领域。单相永磁同步电机本身无法实现定向旋转,需要在转子结构上增加止逆机构来防止电机反向旋转,而且单相永磁同步电机的电机结构较复杂,启动噪音较大。

[0003] 另一方面,洗衣机、洗碗机等家用电器现有排水泵所用的叶轮一般由安装在轴套上的若干叶片构成,且叶片为直叶片,排水过程中,使水在离心力、切向剪力作用下达到排水目的,其缺点是排水泵水流量小,内耗大,且水流轴向也有部分剪切力,会挤压端盖和电机轴,导致端盖变形,转子组件偏移而不能正常工作,形成噪音。同时,因叶轮与泵座之间有一定的间隙,在轴向剪切力的作用下水就产生了涡流,而像洗衣机、洗碗机类家用电器,所需要排出的污水中会含有或多或少的纤维、棉纱等杂物,这些杂物跟随水的涡旋,到达轴承处,缠绕在水泵的轴上,长时间运行后,缠绕的杂物逐渐增多,使水泵轴产生阻力,不能正常排水,严重时会使水泵堵转、烧坏。

[0004] 随着绿色家电理念的提出和环保意识的增强,现有的排水泵已无法满足大家对居住环境舒适度越来越高的要求。因此,需要一种新型的排水泵,其结构简单,体积较小,效率较高,工作噪音较小。

发明内容

[0005] 为了解决上述技术问题,根据本发明的第一方面,提供了一种排水泵用无刷电动机,包括:电机壳;电机轴;转子组件,安装在所述电机轴上且随所述电机轴的旋转而同步旋转,包括转子铁芯以及嵌放在所述转子铁芯上的转子磁极;定子组件,包括定子铁芯以及绕制在定子铁芯槽中的三相定子绕组;以及控制板,包括三相逆变电路,并且包括电路控制部件,该电路控制部件采用空间矢量脉宽调制技术控制所述三相逆变电路向所述定子组件上的三相定子绕组输出的三相电压,其中,所述控制板被容纳在所述电机壳中。

[0006] 由此,该无刷电动机能够实现定向旋转,而无需采用止逆机构。优选地,控制板还包括电路控制部件,该电路控制部件采用空间矢量脉宽调制技术控制所述三相逆变电路向所述定子组件上的定子绕组输出的三相电压。

[0007] 优选地,定子组件采用分数槽结构。优选地,转子组件中的单个转子磁极在对应的极距范围内所占的电气角度范围为 90° - 120° 。优选地,控制板还包括检测部件和模数转换部件,所述检测部件用于检测所述三相逆变电路向所述定子组件上的三相定子绕组输出的三相电压和三相电流并且输出三相电压检测信号和三相电流检测信号;所述模数转换部件将所述检测部件所检测到的三相电压检测信号和三相电流检测信号转换为数字电压信号

和数字电流信号,并将转换得到的数字电压信号和数字电流信号提供给所述电路控制部件。优选地,电路控制部件利用从所述模数转换部件接收的数字电压信号和数字电流信号,采用滑模控制方法估计所述转子组件的转子磁极的位置。优选地,电路控制部件利用所估计的转子磁极的位置、以及所述数字电压信号和数字电流信号,采用空间矢量脉宽调制技术产生用于控制所述三相逆变电路中的功率开关器件的脉冲信号。优选地,控制板还包括差分放大部件,所述差分放大部件从所述检测部件接收所述三相电压检测信号和三相电流检测信号,放大所述三相电压检测信号和三相电流检测信号,并将放大后的三相电压检测信号和三相电流检测信号输出到所述模数转换部件。优选地,电路控制部件为一个或多个微处理器或数字信号处理器。优选地,控制板还包括三相输出端和接地端,所述三相输出端分别与所述三相逆变电路的三相输出端连接并且分别与所述三相定子绕组连接,所述接地端与所述三相逆变电路的中心点连接并且与所述三相定子绕组的中心点连接。优选地,在所述控制板上,所述三相逆变电路和所述检测部件布置在一起,而所述电路控制部件、所述差分放大部件和所述模数转换部件与所述三相逆变电路和所述检测部件隔开布置。优选地,控制板通过机械配合的方式与所述定子组件固定在一起。优选地,无刷电动机用于洗碗机或洗衣机中的排水泵。优选地,电机壳不完全封闭,使得定子组件的一部分暴露。

[0008] 此外,根据本发明的第二方面,提供了一种排水泵,包括如前述方面所述的无刷电动机和由无刷电动机驱动的水泵部分。所述水泵部分包括水泵壳和叶轮,所述电机壳在电机轴伸出的一侧具有用于和所述水泵壳固定的固定结构,且所述叶轮固定连接到所述电机轴以便于在所述无刷电动机的驱动下与所述电机轴一起旋转。

[0009] 与现有技术相比,采用根据本发明的无刷电动机能够实现定向旋转,而无需采用止逆机构,由此也使得本发明的排水泵更加高效和紧凑。

[0010] 根据本发明的第三方面,提供了一种排水泵,所述排水泵包括叶轮和用于驱动叶轮的无刷电动机,该叶轮包括轮盘和多个设置在轮盘上的叶片,所述叶片从轮盘表面沿叶轮轴线方向延伸远离轮盘表面,且具有邻近叶轮轴线的第一端和远离叶轮轴线且与第一端相对的第二端;其中叶片在垂直于叶轮轴线的平面中具有平滑弯曲的截面形状,所述截面形状至少包括邻近第一端的第一弧形区段和邻近第二端的第二弧形区段,第一弧形区段具有第一曲率半径,而第二弧形区段具有不同于第一曲率半径的第二曲率半径。

[0011] 优选地,第一曲率半径大于第二曲率半径。优选地,第一端为叶片的入口端且第二端为叶片的出口端。优选地,第一弧形区段和第二弧形区段的曲率中心在叶片的同一侧。优选地,叶片还包括位于第一弧形区段和第二弧形区段之间的线性或弧形的第三区段。优选地,该第三区段为具有第三曲率半径的第三弧形区段,该第三曲率半径大于第一和第二曲率半径。优选地,该第三区段为具有第三曲率半径的第三弧形区段,该第三曲率半径在第一和第二曲率半径之间。优选地,第一弧形区段在第一端处的切线与在该位置的径向方向的夹角为叶片的入口角 α ,所述叶片的入口角 α 为 $0-25^\circ$;而第二弧形区段在第二端处的切线与在该位置的径向方向的夹角为叶片的出口角 β ,所述叶片的出口角 β 为 $70-90^\circ$ 。优选地,轮盘中心具有叶轮孔,用于与电动机轴连接,叶轮孔与叶片的第一端之间的环状区域内设置有至少一个泄压孔。优选地,所述轮盘和叶片一体成形为单件。优选地,所述排水泵还包括如第一方面所述的无刷电动机。

[0012] 根据本发明的第四方面,还提供了一种排水泵用叶轮,包括如前述第三方面所限

定的叶轮结构。

[0013] 通过采用弧形叶片,使叶片采用最为合理弯曲样式,和叶片入口角和叶片出口角,减小流动损失,提高了工作效率。通过轮盘设计,防止了水流对端盖的冲击和由此造成的损坏,同时,由于水流产生的轴向力较小,避免了水流对电机轴以及转子的冲击,防止由此导致转子偏离轴线,产生噪音,保证其在轴向正常工作,延长了其工作寿命。轮盘的设计还防止水中的杂物跟随水的涡旋,到达轴承处,缠绕在水泵的轴上,长时间运行后使水泵轴产生阻力,不能正常排水,严重时使水泵堵转、烧坏。泄压孔的设计,保证了轮盘两侧水压相同,避免一侧水流冲击过大对轮盘造成的损坏。本发明所提供的排水泵叶轮及排水泵结构简单,寿命较长,且适合批量生产。

[0014] 根据本发明的第五方面,提供了一种排水泵用的电动机,该电动机包括外壳、电机轴、转子组件和定子组件,电机轴在电动机的一个端部处连接到排水泵的叶轮,用于驱动叶轮,其中该外壳的侧壁上设置有容纳接线端子的端子口和端子保护结构,端子保护结构包括设置端子口上方的保护板,该保护板从外壳外表面向外悬臂伸出,并且朝向端子口的一侧向下倾斜地延伸。

[0015] 优选地,在端子插入端子口的插入方向上,该保护板沿插入方向延伸。优选地,该保护板沿电机轴线方向朝向外壳的与所述一个端部相对的另一个端部向下倾斜地延伸。优选地,倾斜角度小于 30° 。优选地,端子保护结构还包括从保护板最低边缘处或附近向下延伸的缀板,使得保护板和缀板形成至少部分地围绕端子口的倒置L形结构。优选地,端子保护结构还包括从保护板最外侧边缘向上伸出的壁部。优选地,端子保护结构还包括从保护板最高边缘和最外侧边缘向上伸出的壁部,使得保护板、壁部以及外壳形成一排水槽。优选地,电动机为无刷电动机。优选地,保护板跨端子口的整个宽度延伸,或延伸超出端子口的两侧。

[0016] 根据本发明的第六方面还提供了一种包括前述电动机和由电动机驱动的叶轮的排水泵。

[0017] 由此,当电机上方有水滴落时,由于有端子保护结构的存在,水会沿着其斜面滑到侧面滴落,从而有效的保护了接线端子,保证了其与外部电源连接的可靠性和安全性。本发明所提供的电机结构设计简单易行,生产成本低,适于工业生产。

[0018] 本发明的第一方面同等地适用于本发明的第二至第六方面,反之亦然。

[0019] 本发明的其它特征和优点将在随后的说明书中阐述,并且,部分地从说明书中变得显而易见,或者通过实施本发明而了解。本发明的目的和其他优点可通过在说明书、权利要求书以及附图中所特别指出的结构来实现和获得。

附图说明

[0020] 附图用来提供对本发明的进一步理解,并且构成说明书的一部分,与本发明的实施例一起用于解释本发明,并不构成对本发明的限制。在附图中:

[0021] 图1图示了根据本发明实施例的排水泵外部结构示意图;

[0022] 图2图示了根据本发明实施例的排水泵结构分解示意图;

[0023] 图3图示了根据本发明实施例的排水泵用无刷电动机的剖视图;

[0024] 图4图示了根据本发明实施例的排水泵用无刷电动机的分数槽结构;

- [0025] 图5图示了根据本发明实施例的排水泵用无刷电动机的隐极式转子磁极结构的示意图；
- [0026] 图6图示了根据本发明实施例的排水泵用无刷电动机的凸极式转子磁极结构的示意图；
- [0027] 图7图示了根据本发明实施例的排水泵用无刷电动机的三相正弦绕组分布图；
- [0028] 图8图示了根据本发明实施例的采用空间矢量脉宽调制技术控制排水泵用无刷电动机的逆变电路图；
- [0029] 图9图示了根据本发明实施例的排水泵用无刷电动机的控制框图；
- [0030] 图10图示了根据本发明实施例的排水泵用无刷电动机的气隙磁场波形的示意图；
- [0031] 图11图示了根据本发明实施例的排水泵用无刷电动机的定子绕组的电流波形的示意图；
- [0032] 图12图示了根据本发明实施例的排水泵用叶轮的立体视图；
- [0033] 图13图示了根据本发明实施例的排水泵用叶轮的正视图；
- [0034] 图14图示了根据本发明实施例的排水泵用叶轮的放大局部正视图；以及
- [0035] 图15图示了根据本发明实施例的端子保护结构的立体视图。

具体实施方式

[0036] 将参照附图详细描述根据本发明的各个实施例。这里，需要注意的是，在附图中，将相同的附图标记赋予基本上具有相同或类似结构和功能的组成部分，并且将省略关于它们的重复描述。应理解，术语“上”、“下”、“向上”、“向下”等方向性术语是针对附图中所示的方位的描述，这些方位并不是限制性的。如果没有特别说明，本文中的术语“向内”、“向外”、“内”、“外”、“内侧”、“外侧”是指相对于部件中心的范围，例如以电机轴线作为参照，内和内侧指更靠近或指向电机轴线的位置或取向，外和外侧指更远离电机轴线的方位或取向，而对于电机轴线上的各位置，向外或外侧是指更远离电机中心部位。此外，术语“水平”、“竖直”、“悬垂”等术语并不表示要求部件绝对水平或悬垂，而是可以稍微倾斜。如“水平”仅仅是指其方向相对“竖直”而言更加水平，并不是表示该结构一定要完全水平，而是可以稍微倾斜。

[0037] 如图1和图2所示，示出了根据本发明实施例的排水泵外部结构示意图及排水泵结构分解示意图。

[0038] 如图1所示，根据本发明实施例的排水泵可以包括水泵部分1和电动机部分2。

[0039] 如图2所示，所述水泵部分1可以包括水泵壳11和叶轮13。此外，所述水泵部分1还可以包括密封圈12，密封圈12设置在水泵部分1和电动机部分2之间，用于确保所述水泵部分和电动机部分之间的连接部的水密性。

[0040] 水泵壳11为限定了泵腔的大体圆柱形部件，其第一端部敞开，用于连接到电动机部分，且在相对的第二端部上设置有进水口。水泵壳11的侧壁上设置有出水口，并且所述出水口与所述泵腔相连通。

[0041] 叶轮13设置在水泵壳11的泵腔内。电动机部分2的电机轴221伸入到泵腔内，并且叶轮固定连接到电机轴221以便于可以在电动机驱动下与电机轴221一起旋转。

[0042] 如图2所示，电动机部分2包括无刷电动机22。无刷电动机22包括电机轴221、转子

组件222、定子组件223以及控制板224。无刷电动机22包括电机壳,电机壳包括主壳体21和绝缘罩23。

[0043] 控制板224容纳在电机壳内,具体地,在本实施例中控制板224容纳在绝缘罩23内。优选地,所述控制板224通过任何合适的机械配合方式与无刷电动机22的定子组件223固定在一起。控制板224也可以固定到如电机壳这样的其它静止部件上。控制板224上设置有与所述无刷电动机22的定子组件223上的三相定子绕组供电的电路。此外,考虑到根据本发明实施例的排水泵的工作环境,优选地,还在所述控制板上涂覆用于电路绝缘保护的绝缘漆或绝缘胶。

[0044] 此外,电动机部分2的主壳体21通过机械紧固件(例如螺纹紧固件或卡扣结构等)与绝缘罩23连接到一起,以便将所述无刷电动机22封闭起来。主壳体21和绝缘罩23之间优选设置有另一密封圈,以保持两者之间的连接部的密封。可选地,电机壳也可以不是完全封闭式的,而仅部分地封闭电机的部件。如图3的优选实施例所示,电机壳的主壳体21和绝缘罩23之间存在一定的间隙,从而电机的定子组件223部分地暴露,由此实现了更好地散热效果。

[0045] 如图2所示,在所述控制板224上还设置供电端子2241,供电端子与外部电源(未示出)连接,以便给所述控制板224以及无刷电动机22供电。

[0046] 下面,将结合图3—图7来描述根据本发明实施例的排水泵用无刷电动机的结构。

[0047] 如前所述,洗碗机、洗衣机等家用电器循环水或排水所用排水泵的电动机通常为感应电动机或单相永磁同步电动机,然而由于感应电动机或单相永磁同步电动机的特性不能满足日益提高的性能需求。考虑到无刷电动机的特性,因此,在本发明中提出将无刷电动机应用于洗碗机、洗衣机等家用电器。目前,在洗碗机、洗衣机等家用电器的排水泵中,尚未采用过无刷电动机,特别是还没有采用三相逆变电路对排水泵用无刷电动机进行驱动的应用。通过采用逆变电路来控制向无刷电动机施加电流的方向,可以实现无刷电动机的定向旋转,因此在此情况下也不需要增加止逆机构。

[0048] 如图3所示,示出了根据本发明实施例的排水泵用无刷电动机的剖视图。在图3中,对于相同部件,采用了与图2中相同的参考标号。

[0049] 如前所述,所述无刷电动机22可以包括所述电机轴221、转子组件222、定子组件223以及控制板224。

[0050] 所述转子组件222包括转子铁芯以及嵌放在所述转子铁芯上的转子磁极,所述转子磁体优选地为永磁体,所述定子组件223包括定子铁芯以及绕制在定子铁芯槽中的三相定子绕组。

[0051] 所述无刷电动机22优选地为分数槽电机,所述三相定子绕组优选地为3相正弦绕组,所述转子组件可以采用隐极式磁极结构或凸极式磁极结构。

[0052] 如图4所示,示出了根据本发明实施例的排水泵用无刷电动机的分数槽结构。在图4中,对于相同部件,采用了与图2中相同的参考标号。其中,参考标号223表示定子组件,参考标号2221表示转子组件中的转子铁芯,参考标号2222表示转子组件中的永磁体。

[0053] 整数槽结构具体指的是无刷电动机的定子组件中的每级每相槽数等于1的定子槽结构,而分数槽结构具体指的是无刷电动机的定子组件中的每级每相槽数小于1的定子槽结构。相对于整数槽结构而言,分数槽结构能够减少槽数,这便于定子铁芯的制作,并且能

够减小齿槽效应引起的力矩脉动。

[0054] 然而,无论是整数槽结构还是分数槽结构,都须具有对称的定子绕组,即三相绕组之间相位差为 120° ,以获得对称的电动势和磁动势。以磁极对数 p 为3,相数 m 为3的无刷电动机为例,当采用整数槽结构时,为了获得对称的电枢绕组,所需槽数 $Z=2 \times p \times m=18$;当采用分数槽结构时,为了获得对称的电枢绕组,须同时下列三个条件:

[0055] (1)槽数 Z 为相数 m 的整数倍;

[0056] (2)槽数 Z 和磁极对数 p 具有不等于1的公约数 t ,且 $Z/t=Z_0$, Z_0/m 为整数;

[0057] (3)每极每相槽数 $q=Z/2pm$ 为小于1的分数。

[0058] 优选的, q 取0.5,当磁极对数 p 为3,相数 m 为3时,采用分数槽结构的定子槽数 Z 为9。具体地,如图4所示,示出了6个转子磁极,即磁极对数 p 为3,在采用三相绕组的情况下,定子槽数为9,即定子采用了每极每相槽数为0.5的分数槽结构。

[0059] 如图5所示,示出了根据本发明实施例的排水泵用无刷电动机的隐极式转子磁极结构的示意图。所述隐极式转子磁极结构为表面式转子磁极结构,永磁体固定安装在转子铁芯的表面,隐极结构的交轴方向磁阻和直轴方向磁阻相等,即交轴方向同步电抗和直轴方向同步电抗相等,且所述隐极结构的漏磁系数比较小,能够产生的气隙磁通大一些,由于隐极结构能够产生比较大的负载转矩,适合于对负载功率要求比较大的场合。

[0060] 如图6所示,示出了根据本发明实施例的排水泵用无刷电动机的凸极式转子磁极结构的示意图。所述凸极式转子磁极结构为内置式转子磁极结构,永磁体固定安装在转子铁芯的内部,凸极结构的交轴方向磁阻小于直轴方向磁阻,即交轴方向同步电抗大于直轴方向同步电抗,且所述凸极结构的电磁转矩,除了包含基本转矩部分外,还包含磁阻转矩部分,所以凸极结构能够产生比较大的启动转矩,适合于对启动性能要求比较高的场合,此外,凸极结构由于其漏磁系数相对较大,气隙磁通相对较小,能够比较容易的通过弱磁调速,适用于对电动机速度有要求的场合。

[0061] 如图5和图6所示,还在所述转子组件上设置有由塑料或环氧树脂构成的外壳2223。

[0062] 为了使电动机获得较小的转矩脉动和噪音,电机转子磁极磁场所产生的气隙磁场波形最好为正弦波,但在实际的设计过程中,兼顾到电动机的性能要求,电动机转子磁极结构所产生的气隙磁场波形通常只能近似为正弦波,如果转子磁极在对应的极距范围内所占的电气角度过大,气隙磁场波形的平顶宽度过大,所产生的气隙磁场波形近似于方波,电动机所产生的转矩脉动过大,导致电动机噪音变大;反之,转子磁极在对应的极距范围内所占的电气角度过小,虽然所产生的气隙磁场波形能够更好地近似于正弦波,但由于一个极距范围内转子磁极所占的范围过小,导致气隙磁通变小,从而导致单位体积电动机的功率密度变小,无法满足实际的性能要求。

[0063] 在本发明中,为了优化气隙磁场波形和保证电动机的性能要求,优选地,将单个转子磁极在对应的极距范围内所占的电气角度范围确定为 $90^\circ-120^\circ$ 。以磁极对数 p 为3的隐极结构的无刷电动机为例,其一个极距所占的机械角度 δ 为 $360^\circ/2p=60^\circ$,如果对应的极距范围内转子磁极的机械角度 Φ 为 30° ,则转子磁极在对应的极距范围内所占的电气角度为 $\pi * \Phi / \delta = \pi / 2 = 90^\circ$;如果对应的极距范围内转子磁极的机械角度 Φ 为 40° ,则转子磁极在

对应的极距范围内所占的电气角度为 $\pi * \phi / \delta = 2 * \pi / 3 = 120^\circ$ 。

[0064] 因此,在图5和图6所示的转子磁极结构中,优选地,单个转子磁极在对应的极距范围内所占的电气角度范围为 $90^\circ - 120^\circ$ 。

[0065] 如图7所示,示出了根据本发明实施例的排水泵用无刷电动机的三相正弦绕组分布图。

[0066] 现有的三相电动机通常采用 60° 相带的三相绕组,该三相绕组可以采用三角形接法或星形接法,其本质上属于六相电动机。

[0067] 如图7所示的三相正弦绕组分布图,其中,将采用三角形接法与星形接法的两部分绕组串联或并联于来构成三相绕组,其为采用 30° 相带的三相绕组,本质上属于十二相电动机。

[0068] 在图7中,以4极6槽的分数槽无刷电动机为例,其三相绕组为正弦绕组分布时,每个槽分别有1个 30° 相带的三角形绕组和1个 30° 相带的星形绕组,三角形绕组和星形绕组之间的电气角度相差 30° 。

[0069] 如图7所示的三相正弦绕组把三角形接法与星形接法的两部分绕组串联或并联于一台电动机中,可以消除或大幅度降低绕组磁势中的高次谐波,提高基波绕组系数;能有效地降低电动机中的杂散耗和铜耗、改善电动机的起动和运行性能,降低振动噪音。

[0070] 接下来,将参考图8—图11来描述根据本发明实施例的排水泵用无刷电动机的控制方法,通过所述排水泵用无刷电动机的控制板224来实现所述控制方法。

[0071] 根据本发明实施例,通过控制向所述排水泵用无刷电动机的三相定子绕组施加的三相交流电压的幅值和相位来控制所述排水泵用无刷电动机的旋转方向以及旋转速度。在本发明中,采用三相逆变电路来向所述排水泵用无刷电动机的三相定子绕组供电。

[0072] 如图8所示,示了用于向根据本发明实施例的排水泵用无刷电动机供电的三相逆变电路的示意图,所述三相逆变电路布置在所述控制板224上。通过直流母线向该三相逆变电路输入基本恒定的直流电压,该基本恒定的直流电压可以通过将家用单相交流电整流得到。在图8中,为了简化,没有示出用于将家用单相交流电整流、滤波、稳压以得到基本恒定的直流电压的电路图,而仅仅以直流电源 U_d 形式示出了所述基本恒定的直流电压。因此,应了解,本发明不限于图8所示的形式,本领域技术人员可以采用任何等效替换形式来向所述三相逆变电路输入所述基本恒定的直流电压。

[0073] 所述三相逆变电路包括六个桥臂S1—S6,每个桥臂包括一个 180° 导通的功率开关器件以及分别与该功率开关器件反向并联的二极管。桥臂S1—S2用于向所述排水泵用无刷电动机的三相定子绕组中的第一相定子绕组(例如A相定子绕组)提供第一相电压,桥臂S3—S4用于向所述排水泵用无刷电动机的三相定子绕组中的第二相定子绕组(例如B相定子绕组)提供第二相电压,桥臂S5—S6用于向所述排水泵用无刷电动机的三相定子绕组中的第三相定子绕组(例如C相定子绕组)提供第三相电压。

[0074] 如图9所示,示出了根据本发明实施例的排水泵用无刷电动机的控制框图。

[0075] 在洗衣机、洗碗机等家用电器中,通常都是按照预定的程序来运行洗涤、排水、漂洗、排水等过程,在这些过程中,对排水泵中的水流量可能会有不同的要求,相应地对排水泵用无刷电动机的运行速度可能会有不同的要求。可以按照所述预定的程序,相应地按照在所述洗涤、排水、漂洗、排水等过程中对排水泵用无刷电动机的运行速度的要求,预先编

制所述排水泵用无刷电动机的运行速度曲线,继而根据预先编制的所述运行速度曲线来对所述排水泵用无刷电动机的运行速度实现闭环控制,即使得所述排水泵用无刷电动机的运行严格按照所述预先编制的运行速度曲线进行。

[0076] 根据本发明实施例,采用空间矢量脉宽调制技术来实现对所述三相逆变电路的控制,并且在所述排水泵用无刷电动机中采用无位置传感器技术来进行无刷电动机转子位置及速度的估算。

[0077] 传统的转子磁极位置检测方法包括有位置传感器检测方法和无位置传感器检测方法,有位置传感器检测方法通常需要在电动机本体上增加位置检测传感器,例如霍尔元器件、光电编码器等,虽然该方法能够保证较高的检测精度,但由于位置传感器的增加将导致成本的上升,以及位置传感器比较容易受到外界因素的影响,其抗干扰性并不是太好,所以其位置检测精度将受到一定的影响;而通常采用的无位置传感器方法为反电动势过零法,虽然该方法相对来说较为简单,但转子位置的检测精度并不是太高。

[0078] 如图9所示,在所述无刷电动机启动时以及在运行过程中,采用无位置传感器技术来估算所述无刷电动机转子的位置及速度。具体地,根据本发明实施例,采用滑模控制方法来检测所述无刷电动机转子的位置及速度,该滑模控制方法又可称为滑模状态观测器方法。所述滑模控制方法是变结构控制系统的一种控制策略,该策略具有使系统结构随时变化的开关特性,该控制为控制系统预先在状态空间中设计一个特殊的切换面,利用不连续的控制规律,不断地变换系统的结构,即在一定条件下沿规定的状态轨迹作小幅度、高频率上下运动。迫使系统的状态沿着这个特定的切换面向平衡点滑动,最后渐进稳定于平衡点或平衡点的某个允许的领域内,即滑动模态运动。系统一旦进入滑模状态,系统状态的转移就不再受系统原有参数变化和外部扰动的影响,具有很强的鲁棒性。本发明所采用的滑模控制方法来检测转子磁极位置具有较高的检测精度以及较强的抗干扰性。

[0079] 此外,所述空间矢量脉宽调制技术的基本原理为:当三相交变电压通过三相逆变电路(三相逆变电路的6个功率开关器件组成了8种空间电压矢量状态,即6个有效矢量状态和2个零矢量状态)与电动机的三相正弦绕组连接时,通过合理选用和组合8个空间电压矢量,并调控被选用的空间电压矢量的作用时间,能够在电动机的气隙内产生更加圆形的旋转磁场,其输出电压和电流更接近于正弦波,从而能有效地控制电动机的转矩脉动,使电动机平稳运行,噪音较低。且经逆变电路后输入到定子绕组的电流的频率可以根据实际负载的情况进行调节。

[0080] 相应地,在所述控制板224上除了布置有三相逆变电路之外,还布置有电路控制部件,该电路控制部件采用空间矢量脉宽调制技术控制所述三相逆变电路向所述定子组件上的三相定子绕组输出的三相电压。

[0081] 此外,在所述控制板224上还布置有检测部件和模数转换部件,所述检测部件用于检测所述三相逆变电路向所述定子组件上的三相定子绕组输出的三相电压和三相电流并且输出三相电压检测信号和三相电流检测信号;所述模数转换部件将所述检测部件所检测到的三相电压检测信号和三相电流检测信号转换为数字电压信号和数字电流信号,并将转换得到的数字电压信号和数字电流信号提供给所述电路控制部件。

[0082] 此外,所述控制板224还包括可以差分放大部件,所述差分放大部件布置在所述检测部件和所述模数转换部件之间,并且从所述检测部件接收所述三相电压检测信号和三相

电流检测信号,放大所述三相电压检测信号和三相电流检测信号,并将放大后的三相电压检测信号和三相电流检测信号输出到所述模数转换部件。

[0083] 此外,所述电路控制部件还利用从所述模数转换部件接收的数字电压信号和数字电流信号,采用滑模控制方法估计所述转子组件的转子磁极的位置。应了解,所述电路控制部件可以由一个或多个微处理器或数字信号处理器实现。具体地,例如所述电路控制部件由一片MCU实现,其既采用空间矢量脉冲调制技术实现对所述逆变电路的控制,也采用滑模控制方式估计转子磁极的位置。替代地,所述电路控制部件由两片MCU实现,其中一片MCU采用空间矢量脉冲调制技术实现对所述三相逆变电路的控制,另一片MCU采用滑模控制方式估计转子磁极的位置。

[0084] 继而,所述电路控制部件利用所估计的转子磁极的位置、以及所述数字电压信号和数字电流信号,采用空间矢量脉宽调制技术产生用于控制所述三相逆变电路中的功率开关器件的脉冲信号。

[0085] 根据本发明实施例,检测得到所述无刷电动机的三相电流 I_a 、 I_b 和 I_c ,经过clark变换,将所检测的三相电流 I_a 、 I_b 和 I_c 从空间坐标系变换为平面坐标系下的 I_α 和 I_β ,然后通过park变换再将平面坐标系下的 I_α 和 I_β 变换为旋转坐标系下的励磁电流分量 I_d 和转矩电流分量 I_q 。

[0086] Clark变换

$$[0087] \quad \begin{bmatrix} I_\alpha \\ I_\beta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -1/2 & -1/2 \\ 0 & \sqrt{3}/2 & -\sqrt{3}/2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix}$$

[0088] Park变换

$$[0089] \quad \begin{bmatrix} I_d \\ I_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ \sin\theta & -\cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_\alpha \\ I_\beta \end{bmatrix}$$

[0090] 其中, θ 表示所述无刷电动机的转子磁极的位置,即d轴与a轴的夹角。如前所述,可以采用滑模控制方法来估计 θ 。

[0091] 根据本发明实施例,优选地,采用直轴电流期望值/参考值 $I_{dref}=0$ 的控制策略;另外,根据期望速度值与实际速度值的差值的PID计算来获得交轴电流期望值/参考值 I_{qref} 。如本领域已知的,直轴电流分量为励磁电流分量,而交轴电流分量为转矩电流分量,根据本发明实施例,通过使得 $I_{dref}=0$,而采用最大转矩控制方法来获得电动机的最大转矩。

[0092] 根据本发明实施例,根据直轴电流期望值 I_{dref} 以及交轴电流期望值 I_{qref} 的PID计算来获得直轴电压 V_d 以及交轴电压 V_q ,即采用电流反馈并且采用PID方式控制电流偏差,然后经过park反变换将直轴电压 V_d 和交轴电压 V_q 变换至平面坐标系下的 V_α 和 V_β ,然后再经过clark反变换将平面坐标系下的 V_α 和 V_β 变换至三相电压 V_a 、 V_b 和 V_c 。

[0093] Park反变换

$$[0094] \quad \begin{bmatrix} V_\alpha \\ V_\beta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ \sin\theta & -\cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_d \\ V_q \end{bmatrix}$$

[0095] Clark反变换

$$[0096] \quad \begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} = \frac{2}{3} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -1/2 & \sqrt{3}/2 \\ -1/2 & -\sqrt{3}/2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_\alpha \\ V_\beta \end{bmatrix}$$

[0097] 具体地,采用空间矢量脉宽调制技术来控制所述三相逆变电路,尽管通过park反变换和clark反变换得到了三相电压 V_a 、 V_b 和 V_c ,然而应了解,在采用PWM控制所述三相逆变电路的过程中,仍需根据所得到的三相电压 V_a 、 V_b 和 V_c 相应地产生控制图8所示的六个桥臂S1—S6的脉冲信号。

[0098] 此外,所述控制板还包括三相输出端和接地端,所述三相输出端分别与所述三相逆变电路的三相输出端连接并且分别与所述三相定子绕组连接,所述接地端与所述三相逆变电路的中心点连接并且与所述三相定子绕组的中心点连接。

[0099] 应注意,在所述控制板的布置上,应将高压与低压隔开,具体地,将所述三相逆变电路以及所述检测部件布置在一起,而将所述电路控制部件、所述差分放大部件和所述模数转换部件与所述三相逆变电路和所述检测部件隔开布置。此外,还应将大电流信号和小电流信号隔开,具体地,将所述检测部件的检测信号布线与控制信号布线隔开。此外,优选地,在所述控制板上,采用8mil以上的走线间距。

[0100] 如图10所示,示出了根据本发明实施例的排水泵用无刷电动机的气隙磁场波形的示意图,可以看出,根据本发明实施例的排水泵用无刷电动机的气隙磁场近似为正弦波。如图11所示,示出了根据本发明实施例的排水泵用无刷电动机的定子绕组的电流波形的示意图,可以看出,根据本发明实施例的排水泵用无刷电动机的定子绕组的电流波形非常接近正弦波。

[0101] 通过上述过程实现了对所述排水泵用无刷电动机的速度的实时控制。尽管上面以预先编制的运行速度曲线为例展开描述,然而应了解,也可以采用预先编制的转矩曲线来对所述排水泵用无刷电动机进行控制。

[0102] 根据本发明实施例的所述排水泵用无刷电动机的控制可以采用廉价的MCU来实现,非常适合应用于家用电器的排水泵类电动机应用领域。

[0103] 根据本发明的优选实施例,还提供了一种排水泵用叶轮130。该排水泵用叶轮130被配置为特别适合于与本发明的无刷电动机一起使用,实现更高的排水效率。如图12所示,示出了根据本发明实施例的排水泵用叶轮130的立体视图,如图13所示,示出了根据本发明实施例的排水泵用叶轮的正视图,而图14示出了根据本发明实施例的排水泵用叶轮的放大大局部正视图。

[0104] 如图12所示,根据本发明的优选实施例的排水泵叶轮130,包括轮毂131、轮盘132和多个设置在轮盘132上的叶片133,所述轮毂131,轮盘132和叶片133可以一体成型。根据本发明实施例,通过采用轮盘设计,防止了水流对端盖的冲击和由此造成的损坏,同时,由于水流产生的轴向力较小,避免了水流对电机轴以及转子的冲击,防止由此导致转子偏离轴线,产生噪音,保证其在轴向正常工作,延长了其工作寿命。此外,采用轮盘设计,也能防止水中的杂物跟随水的涡旋,到达轴承处,缠绕在水泵的轴上,长时间运行后使水泵轴产生阻力,不能正常排水,严重时使水泵堵转、烧坏。

[0105] 所述叶片133绕叶轮孔134均匀间隔地设置在轮盘132上且形状相同,所述叶片133在与叶轮轴线(当叶轮连接到电机轴时,该叶轮轴线与电机轴的轴线共线)垂直的平面中的

截面形状为弧形,所述叶片133的两个端部分布在两个半径不相等的圆周上,即每个叶片133的入口端均匀地设置在具有小半径的圆周上,出口端均匀地设置在具有大半径的圆周上,且这两个圆周均与叶轮孔134为同心圆。叶片133在与叶轮轴线垂直的平面中的截面形状在叶片高度方向(即叶轮轴线方向)上是一致的。

[0106] 如图14所示,叶片133的所述截面为弯曲形状。该弯曲截面形状包括邻近叶片入口端处的第一弧形区段,和邻近叶片出口端处的第二弧形区段。入口端处的第一弧形区段具有第一曲率半径 R_1 ,而出口端处的第二弧形区段具有第二曲率半径 R_2 。且在该实施例中,第一和第二弧形区段的曲率中心位于叶片的同一侧。此处的曲率半径是基于叶片的工作表面的截面形状限定的。第一曲率半径 R_1 不同于第二曲率半径 R_2 。在该实施例中,第一曲率半径 R_1 大于第二曲率半径 R_2 。第一弧形区段和第二弧形区段平滑连接。平滑连接是指在连接点处连续可导且一阶导数连续。从直观角度说,平滑连接是指连两被连接区段在接点处的切线方向共线。此外,第一弧形区段和第二弧形区段之间还可以通过第三弧形区段平滑连接,该第三弧形区段为直线或平滑曲线。优选的是,该第三弧形区段具有第三曲率半径,该第三曲率半径可以在第一曲率半径 R_1 和第二曲率半径 R_2 之间。如图13所示,在叶片133的上述截面形状中,入口端处的切线与叶轮133在该位置处的径向方向(该位置与叶轮中心连线所处的方向)的夹角为叶片133的入口角 α ,所述叶片133的弧形在位于较大半径的圆周的端部的切线与叶轮133在该位置的径向射线的夹角为叶片133的出口角 β ,所述叶片133的入口角 α 为 $0-25^\circ$,所述叶片133的出口角 β 为 $70-90^\circ$ 。根据本发明实施例,通过采用弧形叶片,使叶片采用最为合理的叶片入口角和叶片出口角,减小流动损失,提高了工作效率。

[0107] 此外,所述轮盘132上叶轮孔134与叶片133入口端之间的盘状区域还可以设置有若干个泄压孔135。根据本发明实施例,通过泄压孔设计,保证了轮盘两侧水压相同,避免一侧水流冲击过大对轮盘造成的损坏。

[0108] 如图12和13所示的实施例中包括11个叶片133以及4个泄压孔135。然而,本发明不限于此,可以包括任何适当数量的叶片133和任何适当数量的泄压孔135,优选的是叶片133的数量为8-12个,泄压孔的数量为2-6个。

[0109] 上述实施例中的叶片可以一体成形为单件,由此使得制造简单化,容易实现批量生产。可以通过注塑、模制、机加工等各种方式一体成形该叶片。根据本发明实施例的排水泵用叶轮结构简单,工作效率较高,寿命较长,且适合批量生产。

[0110] 如图15所示,示出了根据本发明的优选实施例的绝缘罩230。绝缘罩230上设置有端子保护结构141。绝缘罩230为一端开口,另一端封闭的筒状结构。绝缘罩230的开口端部接收电动机部分2的一些部件,并与主壳体21连接。绝缘罩230的侧壁上包括用于设置接线端子的端子口142。端子保护结构141为在绝缘罩的端子口142上方从绝缘罩230向外伸出的倒置L形板。

[0111] 端子保护结构141包括在端子口142上方延伸形成挡水遮檐的基板143和在端子口142侧向悬垂的缀板144。在端子插入端子口142的插入方向上,基板143平行于该插入方向延伸。此外,基板143沿电机轴线朝向绝缘罩的封闭端部方向稍稍向下倾斜。该倾斜角度优选选择小于 45° 的角度,更优选选择在 5° 至 30° 之间的角度,在本实施例中为 10° 。缀板144在基板143的最底边沿(沿电机轴线方向最靠近绝缘罩封闭端部)处或附近连接到基板143并从其向下悬垂延伸。

[0112] 此外,端子保护结构141优选包括从基板143的最高边沿和最外侧边沿处向上竖起的壁部145和壁部146。

[0113] 端子保护结构141的基板143和缀板144形成部分围绕端子口的倒置L形构造,且基板143和从基板竖起的壁部145和壁部146以及绝缘罩230的侧壁形成一排水槽,当有水滴落在基板上时,水便会顺着基板143滑至侧面,并沿着缀板144流下,从而防止水滴落到端子和端子口内,防止短路发生,从而起到保护作用。

[0114] 在上面详细描述了本发明的各个实施例。然而,本领域技术人员应该理解,在不脱离本发明的原理和精神的情况下,可对这些实施例进行各种修改,组合或子组合,并且这样的修改应落入本发明的范围内。

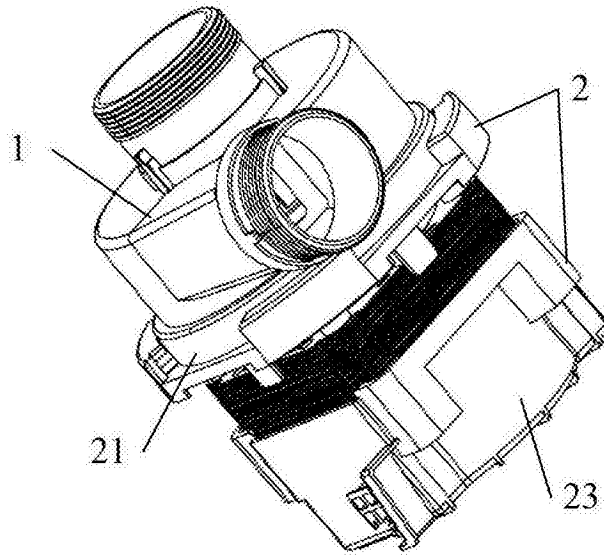


图1

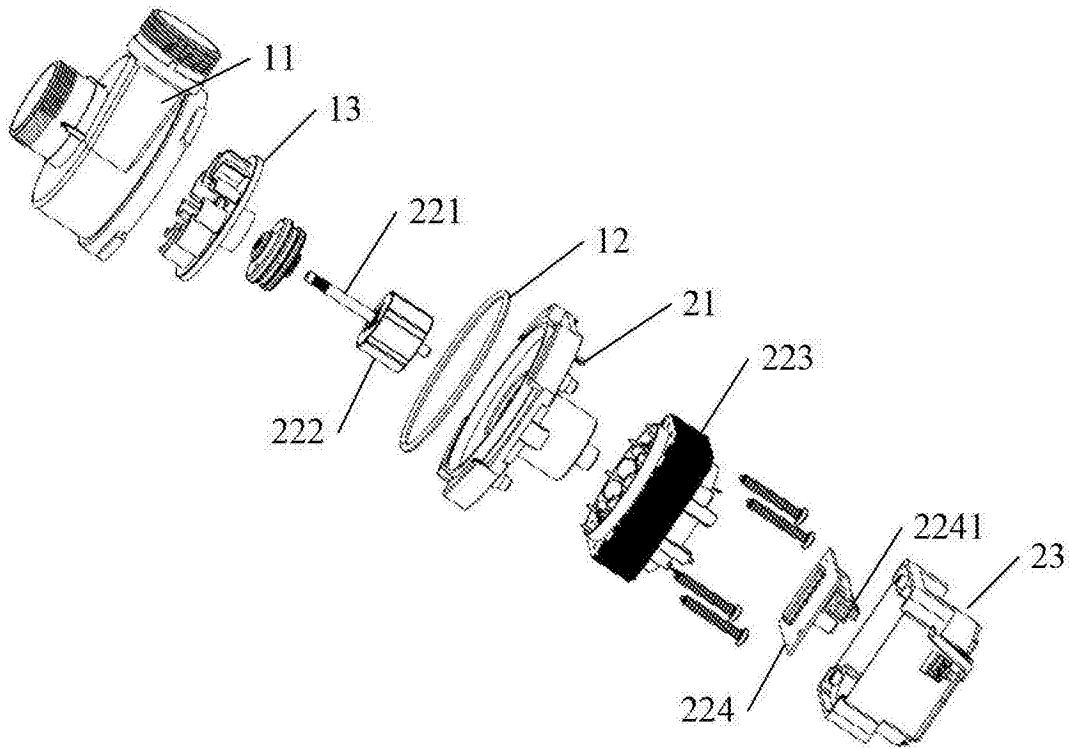


图2

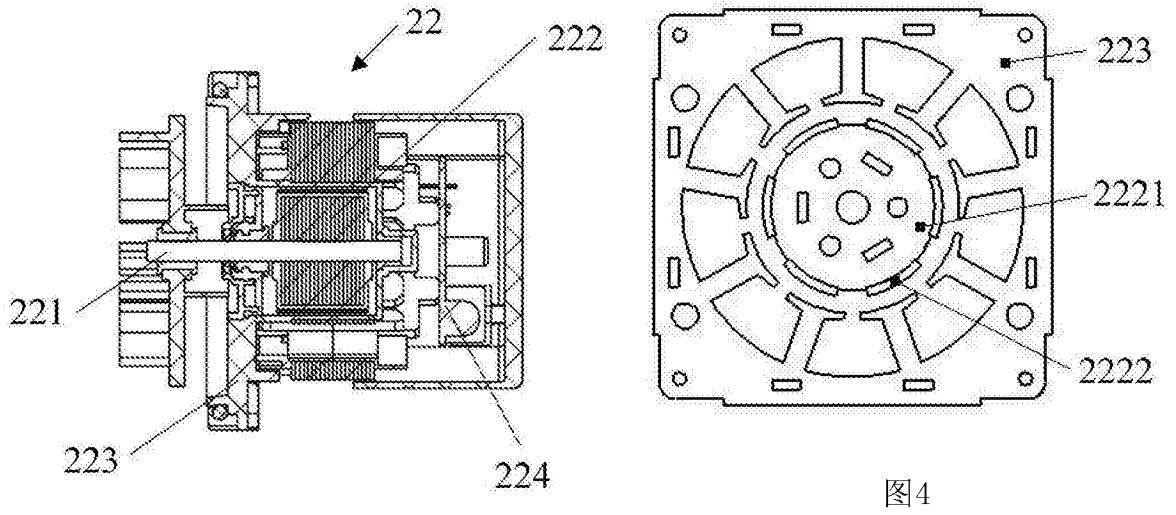


图3

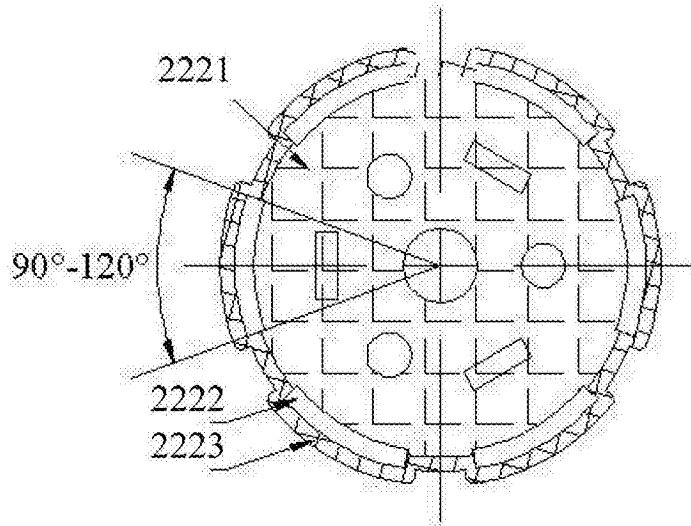


图5

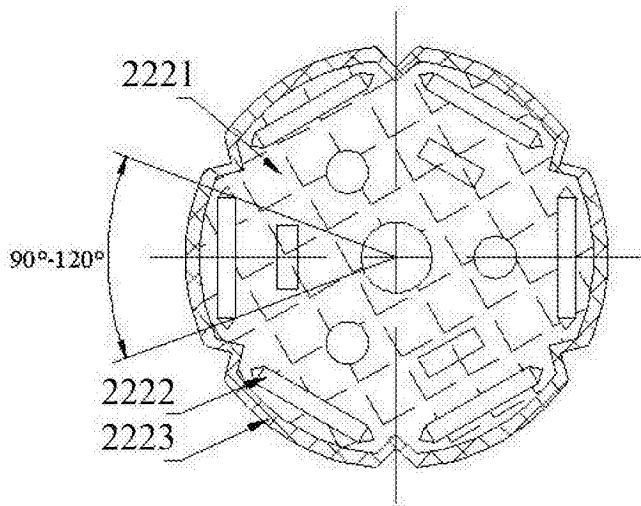


图6

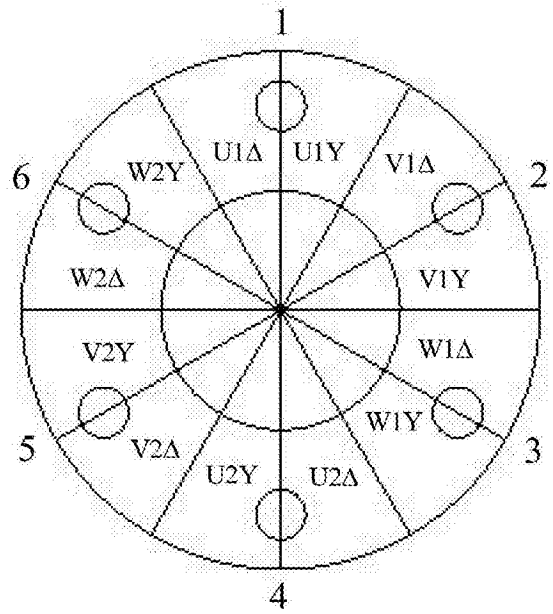


图7

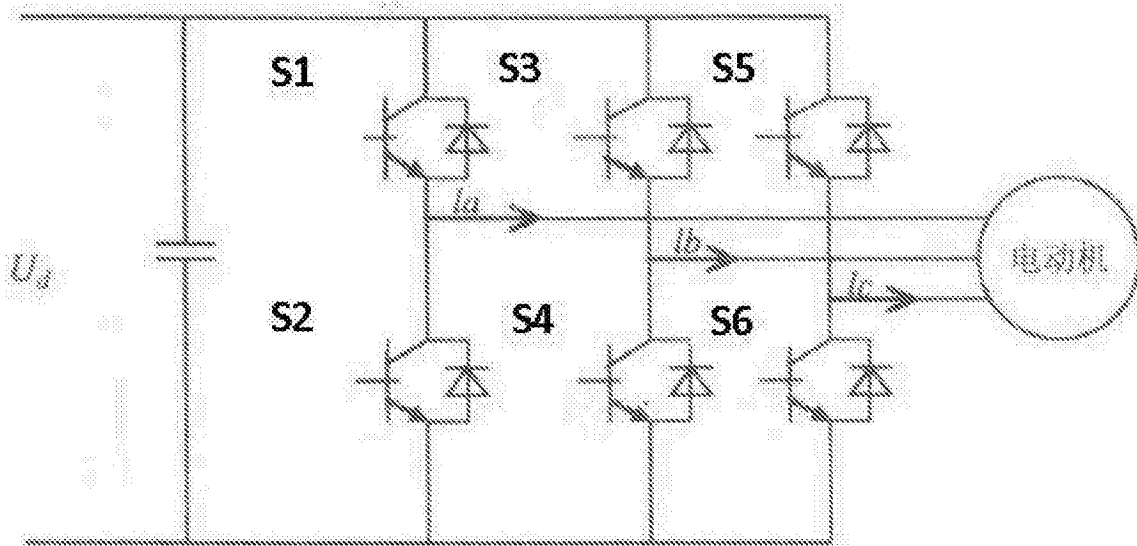


图8

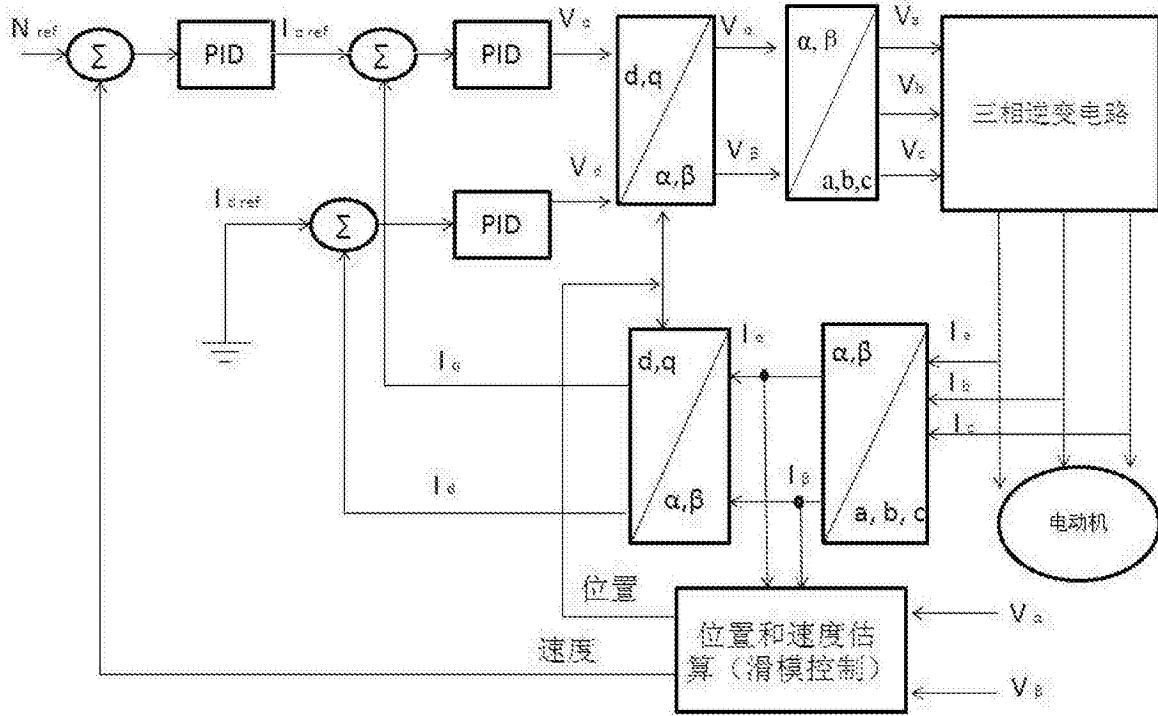


图9

气隙磁场波形

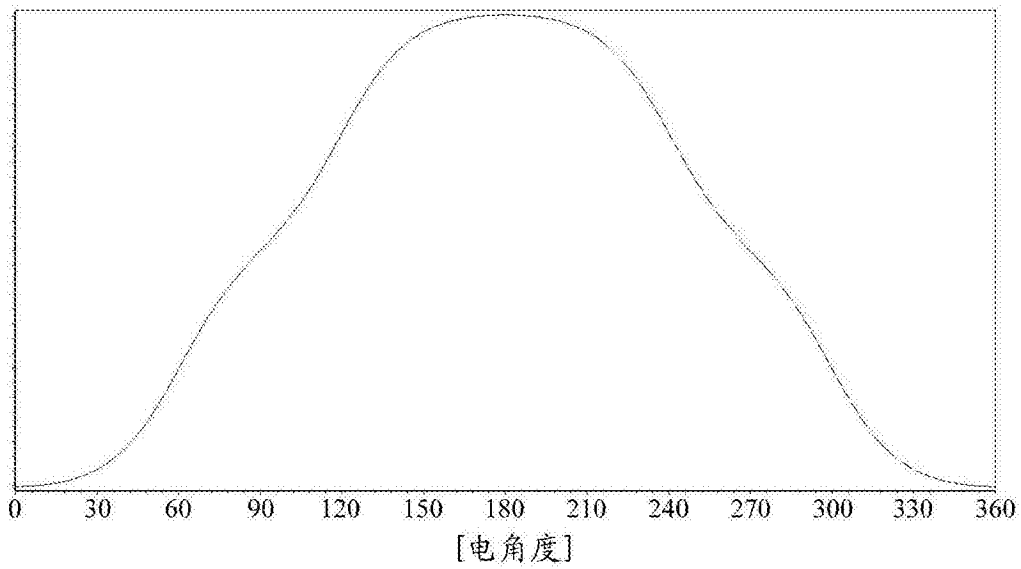


图10

定子绕组电流波形

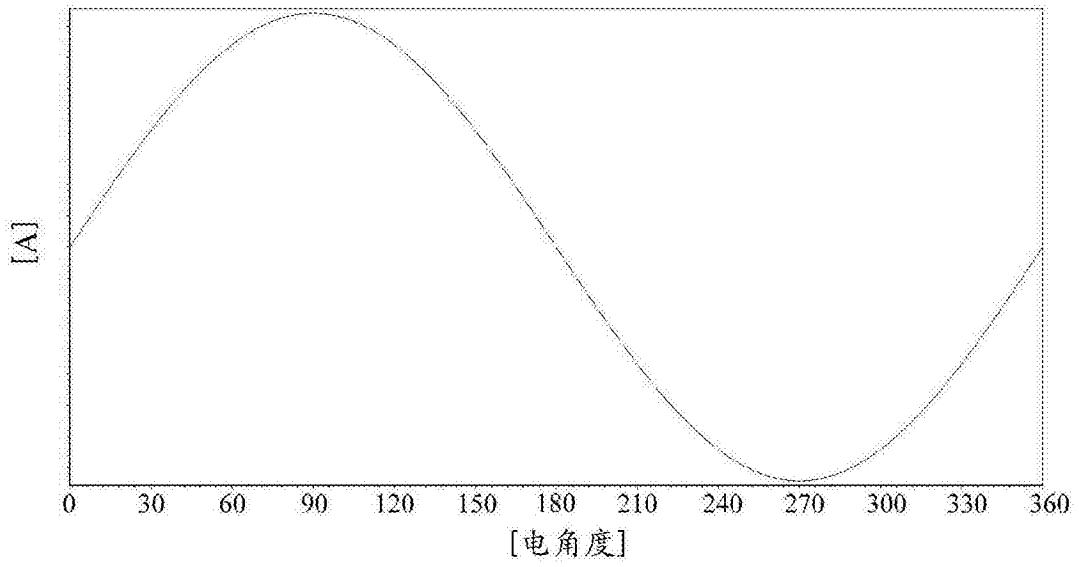


图11

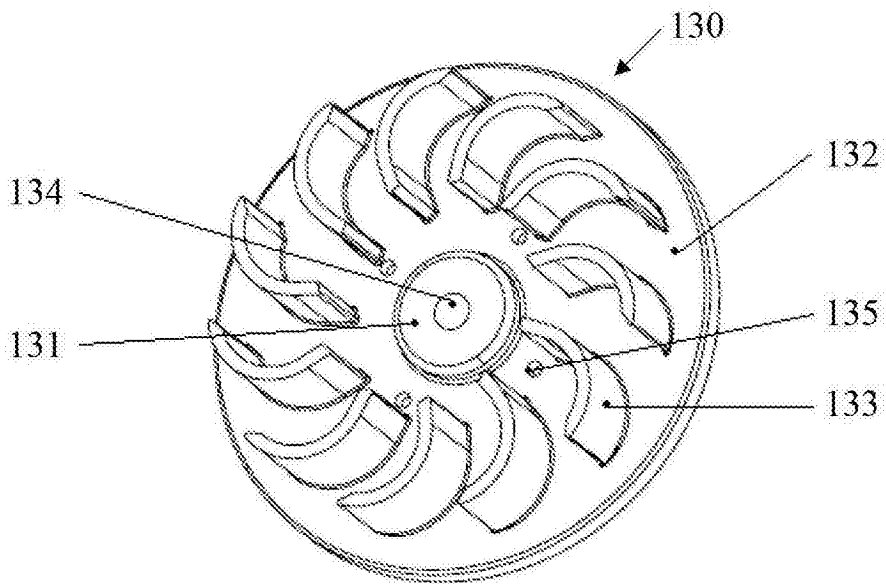


图12

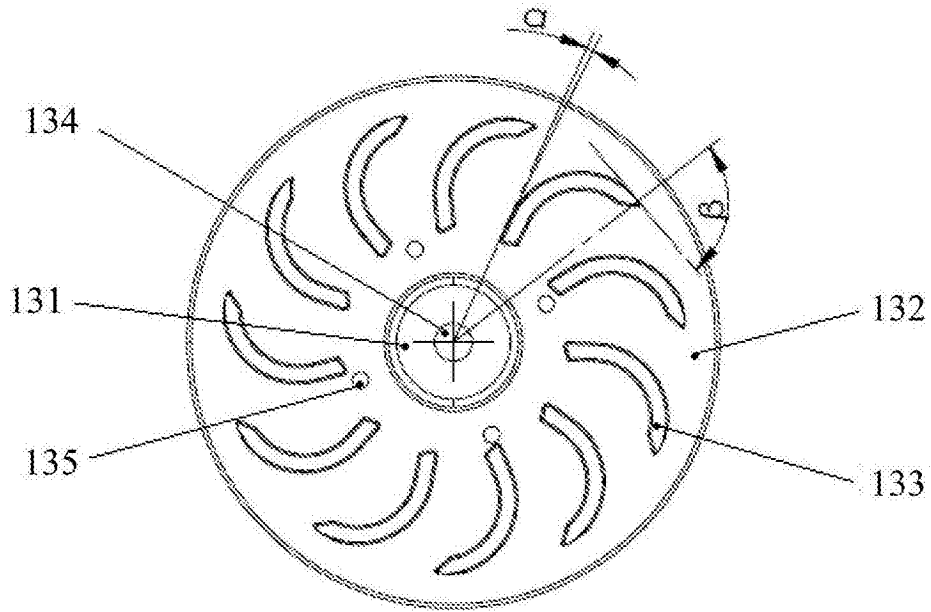


图13

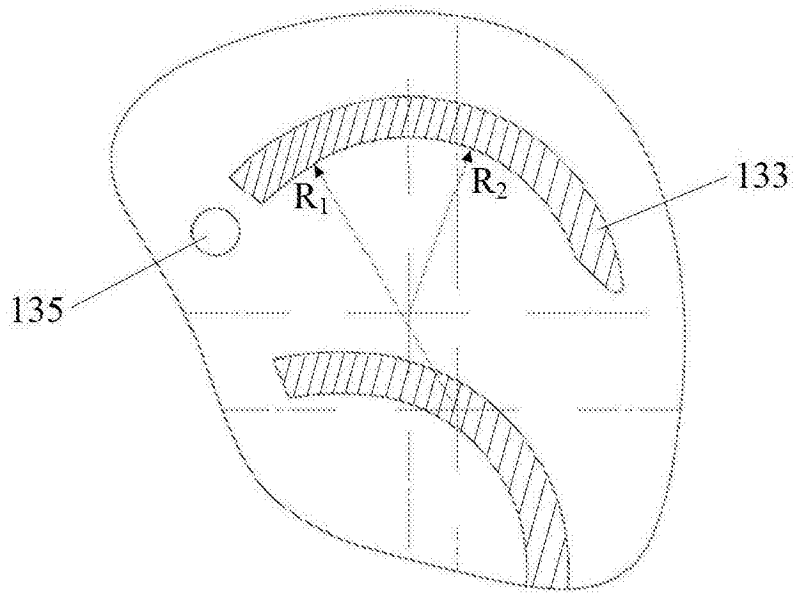


图14

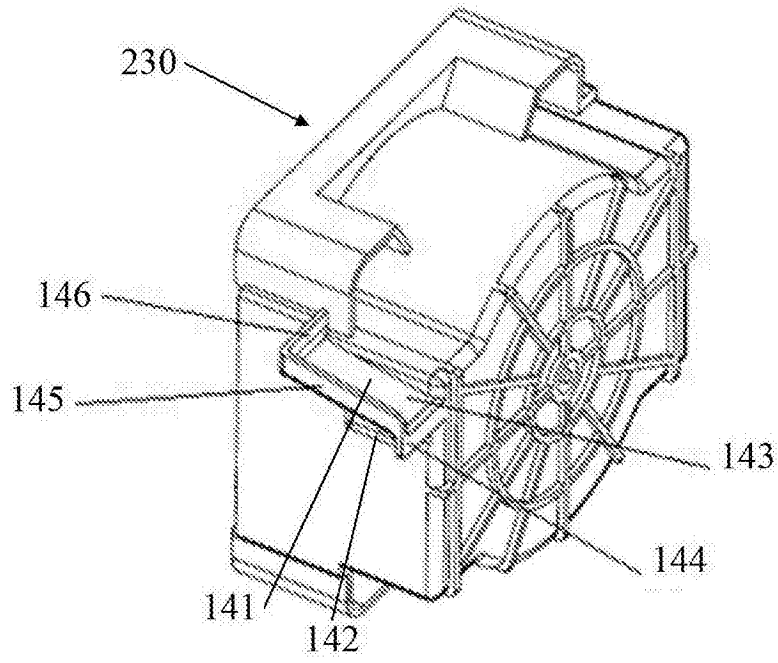


图15