



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117438253 A

(43) 申请公布日 2024. 01. 23

(21) 申请号 202310899111.X

(22) 申请日 2023.07.20

(30) 优先权数据

22186400.2 2022.07.22 EP

(71) 申请人 泰科电子奥地利有限责任公司

地址 奥地利维也纳

(72) 发明人 B·韦斯利 M·古特曼

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

专利代理师 陈曦

(51) Int. Cl.

H01H 50/16 (2006.01)

H01H 50/18 (2006.01)

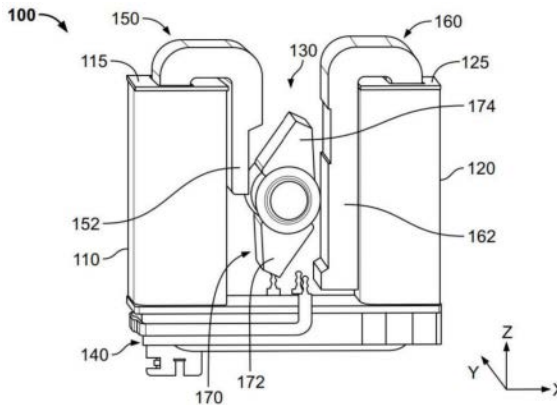
权利要求书2页 说明书10页 附图5页

(54) 发明名称

具有磁阻提升的旋转部段机电系统

(57) 摘要

本发明涉及一种旋转部段机电系统和包括该旋转部段机电系统的电气开关装置,其能够执行由高达45°的旋转角度限制的直接旋转运动,从而提供适合于机电继电器的接触系统的扭矩性能。该机电系统包括一对磁极构件和布置在磁极构件之间的旋转构件,所述磁极构件具有布置在相应的第一线圈和第二线圈外侧的相应的第一端部部分。旋转构件具有一对凸角部,在磁极构件施加的磁激励下,该对凸角部能够围绕中心轴线旋转,该中心轴线沿着平行于第一端部部分的平面与横向于第一线圈轴线的平面的交线对齐。磁极构件和旋转构件被构造成具有磁阻提升形状轮廓,该磁阻提升形状轮廓增强了作用在旋转构件上的致动磁力。



1. 一种旋转部段机电系统,用于电气开关装置,所述机电系统包括:  
励磁线圈组件,包括适于响应于相应的励磁电流而产生相应磁场的第一线圈和第二线圈,  
磁系统,适于提供用于由励磁线圈组件产生的磁场的磁通线通过的磁通路径,  
所述磁系统包括:  
布置在所述第一线圈的上侧的第一磁极构件和布置在所述第二线圈的上侧的第二磁极构件,  
所述第一磁极构件和第二磁极构件具有各自的第一端部部分,所述第一端部部分布置在所述第一线圈和第二线圈的外侧、彼此平行并且平行于第一线圈轴线,  
旋转构件,布置在所述第一磁极构件和第二磁极构件之间,并且具有适于围绕中心轴线执行旋转运动的第一凸角部和第二凸角部,所述中心轴线沿着平行于所述第一端部部分的平面与横向于所述第一线圈轴线的平面的交线对齐,  
其中,所述第一磁极构件和第二磁极构件的第一端部部分被配置成将由所述第一线圈和第二线圈产生的磁力线分别导向所述旋转构件的第一凸角部和第二凸角部,并且在激励所述励磁线圈组件时产生导致所述第一凸角部和第二凸角部朝向相应的第一磁极构件和第二磁极构件执行旋转运动的合成磁力。
2. 根据权利要求1所述的机电系统,其中  
所述第一线圈和所述第二线圈以其相应线圈轴线彼此平行地对齐,并且间隔开给定的间隔距离,和/或  
所述第一磁极构件和第二磁极构件的第一端部部分中的至少一个和所述旋转构件的面对所述第一端部部分的凸角部被设计成具有匹配的磁阻提升形状轮廓,所述磁阻提升形状轮廓适于在旋转运动期间当相应的凸角部与第一端部部分接触时减小磁阻。
3. 根据权利要求1或2所述的机电系统,其中  
所述至少一个第一端部部分的磁阻提升形状轮廓具有台阶凹部的形状,所述台阶凹部具有弯曲侧壁,所述弯曲侧壁由横向于所述中心轴线的平面上的给定长度的圆形部段限定,并且  
面对的凸角部的匹配的磁阻提升形状轮廓具有互补的弯曲侧壁,使得面对的凸角部和所述第一端部部分之间的重叠接触逐渐增加,直到旋转运动在预定的旋转角度停止。
4. 根据权利要求3所述的旋转机电系统,其中  
所述旋转运动在预定的最大旋转角度处停止,在该预定的最大旋转角度处,存在面对的凸角部和所述第一端部部分的匹配的磁阻提升形状轮廓之间的完全重叠接触;和/或  
所述磁阻提升形状轮廓的圆形部段的长度和半径适于将由所述旋转构件执行的旋转运动限制在等于或小于 $45^{\circ}$ 的最大旋转角度。
5. 根据权利要求1至4中任一项所述的机电系统,所述磁系统还包括:  
设置在所述第一磁极构件和第二磁极构件的第一端部部分中的至少一个上的永磁体,  
其中,所述永磁体被布置成面对所述旋转构件的相应凸角部,并且被磁极化以减小横跨所述永磁体被布置在其上的第一端部部分和面对的凸角部之间的分离间隙的磁阻。
6. 根据权利要求5所述的机电系统,其中:  
所述磁阻提升形状轮廓仅设置在所述第一磁极构件和第二磁极构件的第一部分中的

一个中,并且

所述永磁体设置在所述第一磁极构件和第二磁极构件的第一部分中的另一个上。

7. 根据权利要求1至6中任一项所述的机电系统,其中

所述旋转构件适于采用打开状态,所述打开状态是当所述励磁线圈组件未被励磁时、所述第一凸角部和第二凸角部分别与所述第一磁极构件和第二磁极构件的第一端部部分开各自的最大分离间隙的旋转取向;和/或

当所述励磁线圈组件由给定励磁电流激励时,所述旋转构件适于旋转预定的旋转角度到闭合状态,其中在所述闭合状态,所述旋转构件的第一凸角部和第二凸角部中的一者完全抵靠相应的第一磁极构件和第二磁极构件的面对的第一端部部分。

8. 根据权利要求1或2所述的机电系统,其中

所述预定旋转角度等于或小于 $45^{\circ}$ 。

9. 根据权利要求1至8中任一项所述的机电系统,其中

所述第一磁极构件和第二磁极构件具有各自的第二端部部分,所述第二端部部分从相应的第一线圈和第二线圈的上侧穿入相应的第一线圈和第二线圈的内部空间。

10. 根据权利要求1至9中任一项所述的机电系统,其中

所述第一磁极构件和第二磁极构件中的至少一个具有U形形状,设置有相对于所述第一线圈和第二线圈的上侧的向下的腿部,所述腿部包括在所述第一线圈和第二线圈外侧延伸的第一端部部分。

11. 根据权利要求1至10中任一项所述的机电系统,其中,所述磁系统还包括:

主芯,布置在所述第一线圈和第二线圈的下侧,并且被配置为将所述第一磁极构件连接到所述第二磁极构件,

其中,所述主芯、所述第一磁极构件、所述旋转构件和所述第二磁极构件形成由所述磁系统提供的所述磁通路径。

12. 根据权利要求11所述的旋转机电系统,其中

所述主芯具有由中心区域和从所述中心区域的相应侧向上延伸的一对第一腿部和第二腿部形成的U形,

其中,所述第一腿部穿过所述第一线圈的内部空间,所述第二腿部穿过所述第二线圈的内部空间,从所述第一线圈和第二线圈的下侧向上延伸,直到与所述第一磁极构件和第二磁极构件的相应第二端部部分接触。

13. 根据权利要求11或12所述的旋转机电系统,其中,所述磁系统还包括:

辅助芯,适于增加所述第一线圈和第二线圈的内部空间内的磁通线的约束,

其中,所述辅助芯适于沿着所述第一线圈和第二线圈的轴向长度以及所述主芯的内侧延伸;

其中,所述主芯和/或所述辅助芯能够被制成为单件或彼此磁耦合的多件;和/或

其中,所述主芯和/或所述辅助芯由固态或叠层形式的软铁制成;和/或

其中,所述旋转构件由软铁制成。

14. 一种电气开关装置,包括:

根据权利要求1至13中任一项所述的旋转部段机电系统。

15. 根据权利要求14所述的电气开关装置,其中,所述电开关装置是接触器或继电器。

## 具有磁阻提升的旋转部段机电系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及机电系统,更具体地说,涉及旋转类型的机电系统。

### 背景技术

[0002] 机电系统通常用于操作接触器和继电器,因为与其他类型的致动系统相比,它们具有几个优点,例如设计简单和操作可靠。一般来说,普通类型的传统机电系统包括具有铁芯、磁轭和电枢的磁路,以及在供给励磁电流的情况下负责将磁通量施加到磁路上的励磁线圈。磁路的元件通常相对于彼此设计和布置成使得由励磁线圈产生的磁通量被引导通过磁路,以在电枢的相应侧上施加吸引力,从而导致电枢在吸引力的方向上移动或旋转。因此,通过控制提供给激励线圈的外部电流的符号和强度,可以引起电枢在不同状态之间的切换操作。

[0003] 市场上有几种类型的机电系统,它们具有不同的基本磁路和激励线圈的布置和设计。

[0004] 旋转机电系统在某些应用中具有优势,例如在期望操作扭矩和操作稳定性提高的情况下,这例如分别由球旋转和倾斜旋转机电系统提供。例如,在国际专利申请公开W0 2018/234142A1中描述了球旋转类型的旋转电磁系统。在这种已知的电磁系统中,铁芯穿过经典螺线管结构的插入经由在倾斜平面(弯曲路径)上移动的附加机械元件(球)被转换成电枢的旋转运动。电磁系统包括磁轭、线圈、下铁芯、顶板、上铁芯、电枢、将上铁芯与顶板磁性隔离的磁隔离环以及多个球。上铁芯能够相对于磁隔离环在竖直方向上移动。多个第一弯曲凹槽形成在电枢的底表面中,并且分别对应于多个第一弯曲凹槽的多个第二弯曲凹槽形成在顶板的顶表面中。球可以在第一弯曲凹槽和相应的第二弯曲凹槽中滚动。每个第一弯曲槽具有从第一端到第二端逐渐加深的深度,使得由球施加在电枢上的力相对于上铁芯的中心轴线倾斜,以驱动电枢绕平行于竖直方向的中心轴线旋转。因此,通过球在由凹槽的弯曲路径限定的倾斜平面上运动,芯的线性运动被转换成电枢的旋转运动。这意味着芯的竖直运动和电枢旋转运动之间的传动比非常大,这导致必须有非常精确的部件可用。另一方面,由于通过使用附加的机械部件将芯的线性运动转换成旋转,这种设计可能呈现非常高的齿轮比,并因此要求非常精确的部件可用。对单个零件和制造的精度的极端要求在实践中可能无法满足,或者不是对于每个应用来说都是合理的。此外,这种设计的功能性很大程度上取决于安装方向,因为球可能会丢失它们的位置,尤其是在侧向装配位置。这可能会导致操作失败。

[0005] 因此,仍然需要一种具有能够提供电枢的直接旋转致动的设计的旋转机电系统,以便使用最少的附加机械部件,从而导致比传统旋转机电系统更高鲁棒性的设计。

### 发明内容

[0006] 本发明是鉴于现有技术的缺点和不足而做出的,其目的是提供一种用于电气开关装置的机电系统,该机电系统能够在由期望的最大旋转角度限制的旋转运动中提供电枢的

直接旋转致动,并由此提供适合于机电继电器(例如DC电力开关)的接触系统的扭矩性能。另一个目的是提供一种包括机电系统的电气开关装置。

[0007] 上述目的由独立权利要求的主题来解决。本发明的有利实施例是从属权利要求的主题。

[0008] 根据本发明,提供了一种用于电气开关装置的旋转部段机电系统,该机电系统包括:励磁线圈组件,其包括适于响应于相应的励磁电流而产生相应的磁场的第一线圈和第二线圈;磁系统,其适于提供用于沿着由励磁线圈组件产生的磁场的磁通线通过的磁通路径,该磁系统包括:布置在第一线圈上侧的第一磁极构件和布置在第二线圈上侧的第二磁极构件,第一磁极构件和第二磁极构件具有各自的第一端部部分,所述第一端部部分布置在第一线圈和第二线圈的外侧、彼此平行且平行于第一线圈轴线,旋转构件,其布置在第一磁极构件和第二磁极构件之间,并且具有适于围绕中心轴线执行旋转运动的第一凸角部和第二凸角部,所述中心轴线沿着平行于第一端部部分的平面与横向于第一线圈轴线的平面的交线对齐,其中,第一磁极构件和第二磁极构件的第一端部部分被配置成将由第一线圈和第二线圈产生的磁力线分别导向旋转构件的第一凸角部和第二凸角部,并且在激励所述励磁线圈组件时产生导致第一凸角部和第二凸角部朝向相应的第一磁极构件和第二磁极构件执行旋转运动的合成磁力。

[0009] 根据进一步的发展,第一线圈和第二线圈以其各自的线圈轴线相互平行地对齐,并且间隔开给定的间隔距离,和/或第一磁极构件和第二磁极构件的第一端部部分中的至少一个和旋转构件的面对所述第一端部部分的凸角部被设计成具有匹配的磁阻提升形状轮廓,该磁阻提升形状轮廓适于在旋转运动期间当相应的凸角部与第一端部部分接触时减小磁阻。

[0010] 根据进一步的发展,所述至少一个第一端部部分的磁阻提升形状轮廓具有带弯曲侧壁的台阶凹部的形状,所述弯曲侧壁由横向于中心轴线的平面上的给定长度的圆形部段限定,并且面对的凸角部的匹配磁阻提升形状轮廓具有互补的弯曲侧壁,使得面对的凸角部和第一端部部分之间的重叠接触逐渐增加,直到旋转运动在预定旋转角度停止。

[0011] 根据进一步的发展,旋转运动在预定的最大旋转角度处停止,在该预定的最大旋转角度处,存在面对的凸角部和第一端部部分的匹配的磁阻提升形状轮廓之间完全重叠接触;和/或磁阻提升形状轮廓的圆形部段的长度和半径适于将旋转构件执行的旋转运动限制在等于或小于 $45^{\circ}$ 的最大旋转角度。

[0012] 根据进一步的发展,该磁系统还包括:设置在第一磁极构件和第二磁极构件的第一端部部分中的至少一个上的永磁体,该永磁体被设置成面对旋转构件的相应凸角部,并且被磁极化以减小横跨其被布置在其上的第一端部部分和面对的凸角部之间的分离间隙的磁阻。

[0013] 根据进一步的发展,所述磁阻提升形状轮廓仅设置在第一磁极构件和第二磁极构件的第一部分中的一个中,并且永磁体设置在第一磁极构件和第二磁极构件的第一部分中的另一个上。

[0014] 根据进一步的发展,旋转构件适于采用打开状态,该打开状态是当励磁线圈组件未被励磁时、第一凸角部和第二凸角部分别与第一磁极构件和第二磁极构件的第一端部部分分开各自的最大分离间隙的旋转取向;和/或当励磁线圈组件由给定励磁电流激励时,旋

转构件适于旋转预定的旋转角度到闭合状态,其中在该闭合状态,旋转构件的第一凸角部和第二凸角部之一完全抵靠相应的第一磁极构件和第二磁极构件的面对的第一端部部分。

[0015] 根据进一步的发展,所述预定旋转角度等于或小于 $45^{\circ}$ 。

[0016] 根据进一步的发展,第一磁极构件和第二磁极构件具有各自的第二端部部分,所述第二端部部分从相应的第一线圈和第二线圈的上侧穿入相应的第一线圈和第二线圈的内部空间。

[0017] 根据进一步的发展,第一磁极构件和第二磁极构件中的至少一个具有U形形式,其设置有相对于第一线圈和第二线圈的上侧的向下的腿部,所述腿部包括在第一线圈和第二线圈外侧延伸的第一端部部分。

[0018] 根据进一步的发展,磁系统还包括:主芯,其布置在第一线圈和第二线圈的下侧,并被配置为将第一磁极构件连接到第二磁极构件,其中主芯、第一磁极构件、旋转构件和第二磁极构件形成由磁系统提供的所述磁通路径。

[0019] 根据进一步的发展,主芯具有由中心区域和从所述中心区域的相应侧向上延伸的一对第一腿部和第二腿部形成的U形,其中第一腿部穿过第一线圈的内部空间,第二腿部穿过第二线圈的内部空间,从第一线圈和第二线圈的下侧向上延伸,直到与第一磁极构件和第二磁极构件的相应第二端部部分接触。

[0020] 根据进一步的发展,磁系统还包括:辅助芯,适于增加第一线圈和第二线圈的内部空间内的磁通线的约束,其中辅助芯适于沿着第一线圈和第二线圈的轴向长度以及主芯的内侧延伸;其中主芯和/或辅助芯可以制成为单件或彼此磁耦合的多件;和/或其中主芯和/或辅助芯由固态或叠层形式的软铁制成;和/或其中旋转构件由软铁制成。

[0021] 根据本发明,还提供了一种包括旋转部段机电系统的电气开关装置。

[0022] 根据进一步的发展,电气开关装置是接触器或继电器。

[0023] 为了解释本发明原理的目的,附图被结合到说明书中并形成说明书的一部分。附图不应被解释为将本发明仅局限于如何制造和使用本发明的图示和描述的示例。

## 附图说明

[0024] 从如附图所示的本发明的以下和更详细的描述中,进一步的特征和优点将变得显而易见,在附图中:

[0025] 图1是根据本发明的示例性实施例的处于打开状态的在磁极处具有磁阻提升轮廓的旋转部段机电系统的示意性透视图;

[0026] 图2是图1所示的旋转部段机电系统的竖直截面图(即沿平行于图1所示坐标轴Z和X的平面截取的横截面图);

[0027] 图3是图1所示的机电系统的竖直截面图,该机电系统处于机电系统的旋转构件和相对的磁极构件之间的接触状态;

[0028] 图4是图3中所示插图A的放大视图,示出了旋转构件和相对的磁极构件的特定磁阻提升形状,以及施加在旋转构件上的合成磁阻力( $F_r$ )的力分量的示意图;

[0029] 图5是根据本发明的另一示例性实施例的处于打开状态的旋转部段机电系统的竖直截面图;

[0030] 图6是图5所示的机电系统的竖直截面图,该机电系统处于机电系统的旋转构件和

相对的磁极构件之间的接触状态；

[0031] 图7是根据本发明另一示例性实施例的处于打开状态的机电系统的竖直截面图；

[0032] 图8是图7中所示的机电系统的竖直截面图，该机电系统处于机电系统的旋转构件和相对的磁极构件之间的接触状态；和

[0033] 图9是图1所示机电系统的水平截面图（即，穿过XY平面截取的）。

## 具体实施方式

[0034] 现在将在下文中参照附图更全面地描述本发明，附图中示出了本发明的示例性实施例。然而，本发明可以以许多不同的形式实施，并且不应被解释为限于本文所阐述的实施例。相反，提供这些实施例是为了使公开内容透彻和完整，并将本发明的范围完全传达给本领域技术人员。相同的数字始终指代相同的元件。

[0035] 本发明的基本概念在于提供一种具有磁性系统的旋转部段机电系统，该磁系统包括旋转构件，例如由软铁制成的转子，该旋转构件在磁轭和极板的特殊布置中执行具有最大旋转角的旋转运动，该最大旋转角仅受极板限制。此外，机电系统包括具有两个线圈塔的励磁线圈组件，这两个线圈塔承载一对线圈绕组，每个线圈绕组通过飞片绕组或本领域已知的其他合适的线圈绕组技术缠绕在相应的塔中，以便产生相反方向的磁场。旋转构件和极板中的至少一个被设计成具有特殊的几何形状，在下文中被称为磁阻提升形状轮廓，其被设计成使得当线圈被激励时在旋转构件上产生的扭矩与传统铰接电枢磁体系统的力曲线相匹配，并且其可以特别地映射接触超程区域中的高力需求。

[0036] 图1是根据本发明的示例性实施例的旋转部段机电系统100的示意性透视图。为了便于参考，图1所示的XYZ坐标系中的Z轴线方向在下文中将被称为竖直方向。然而，本发明和示例性实施例的以下描述不应被解释为限于它们在特定取向上的使用，例如在由重力限定的竖直取向上。

[0037] 旋转部段机电系统100包括励磁线圈组件，用于在用外部励磁电流（未示出）激励时产生磁场。参考图1和图2，励磁线圈组件包括第一线圈110和第二线圈120，第一线圈110和第二线圈120以其各自线圈轴线彼此平行地对齐，并且通过间隔区域130在横向于线圈轴线的方向上间隔开布置。当涉及穿过第一线圈110（或第二线圈120）的中心并沿图1所示的Z轴线对齐的线圈对称轴线时，这里使用术语“线圈轴线”。

[0038] 第一线圈110是围绕机电系统100的支撑体140的第一线圈支撑件或塔115缠绕的一组绕组。类似地，第二线圈120是围绕支撑体140的作为第二塔的竖直塔116缠绕的一组绕组。优选地，第一线圈110的绕组以与第二线圈120的绕组相反的方向缠绕，以便当第一和第二线圈都被相同的励磁电流或相同极性的单独励磁电流激励时，在第一线圈110内部中心产生磁力线，该磁力线取向为方向与第二线圈120在其内部中心产生的磁力线的方向相反。第一线圈110和第二线圈120可以串联或并联连接，以便由公共电源（未示出）供电。在替代配置中，第一线圈110和第二线圈120可以由单独的励磁电流激励，每个线圈产生的磁场的方向和强度于是由各自的励磁电流确定。第一线圈110和第二线圈120优选地设置有相似的特性，例如线圈的绕组数量、阻抗、长度和横截面，这允许使用相同的励磁电流产生相似强度的磁场。

[0039] 此外，机电系统100包括磁系统，该磁系统提供优先磁通路径，用于沿着由励磁线

圈组件产生的磁通线通过,这将在下面参照图2-4进行描述。

[0040] 如图2所示,磁系统包括一对磁极,在下文中称为第一磁极构件150和第二磁极构件160,它们分别间隔开地布置在第一线圈110和第二线圈120的上侧。第一磁极构件150和第二磁极构件160被构造成分别使由第一线圈110和第二线圈120产生的磁通线从线圈120、130的上侧进入间隔区域130,从而在它们各自的第一端部部分152和162提供相反极性的磁极。

[0041] 此外,磁系统130包括设置在第一线圈110和第二线圈120之间的间隔区域130中的旋转构件170,对于给定的励磁电流,该旋转构件170可以在来自第一磁极构件150和第二磁极构件160的第一端部部分152和162的合成磁引力下旋转。磁极构件150和160的第一端部部分152和162被构造成使得在它们被布置在其上的相应的第一线圈110和第二线圈120的外侧彼此平行且平行于线圈轴线延伸,即平行于垂直方向(即,图2中的Z轴线方向)延伸。

[0042] 如图2所示,旋转构件170在间隔区域130的中间位置处设置在第一端部部分152和162之间,并且安装成围绕中心轴线C旋转,该中心轴线C基本上沿着平行于第一端部部分152和162的垂直平面与横向于线圈轴线的水平平面之间的交线延伸。旋转构件170可以由两个合适的轴承171(例如滑动轴承、滚珠轴承等)支撑,以便于旋转运动。旋转构件170也被设计成具有横截面形状(在横向于中心轴线C的垂直平面中截取),该横截面形状包括中心区域176(以中心轴线C为中心)和一对相对于中心区域176彼此径向相对设置的凸角部172和174,凸角部172和174具有分别取向为面对第一磁极构件150和第二磁极构件160的第一端部部分152和162的相应端面。如图2-3所示,第一凸角部172和第二凸角部174优选具有镜像轮廓形状。

[0043] 此外,由于第一磁极构件150旨在主要与旋转构件170的第一凸角部174相互作用,该第一凸角部174在打开状态下位于旋转构件170的上部(即包含中心轴线C的水平平面上方的部分),第一端部部分152被制成从第一线圈110的上侧向下延伸到间隔区域130中、并且沿着第一线圈110的纵向长度的至少一部分延伸,从而被设置在第一线圈110和旋转构件170的一侧(在图2中是左侧)之间,并且例如通过到达包含中心轴线C的水平平面而基本上覆盖第一凸角部174的长度。

[0044] 第二磁极构件160被设计成主要与旋转构件170的下凸角部172相互作用,该下凸角部172在打开状态下位于包含中心轴线C的水平平面下方。因此,第二磁极构件160的第一端部部分162沿着第二线圈120的外侧延伸到间隔区域130中,并且例如设置在旋转构件170的右侧。此外,为了与下凸角部172的长度完全重叠,第二磁极构件160的第一端部部分162延伸的距离比第一磁极构件15的第一端部部分152延伸的距离长,例如直到处于打开状态的下凸角部172的端部。

[0045] 打开状态对应于旋转构件170的旋转状态,在该旋转状态下,第一凸角部172和第二凸角部174不与第一磁极构件110和第二磁极构件120机械接触。此外,每个凸角部172、174与第一磁极构件110和第二磁极构件120的相应的第一端部部分152和162分开能够在旋转构件170的整个旋转运动期间实现的最大分离间隙。例如,如图2所示,凸角部172和174相对于包含中心轴线C的水平平面XY设置在直径相对的两侧。因此,打开状态对应于旋转构件170与第一磁极110和第二磁极120中的每一个之间存在最大磁阻(磁阻)的旋转状态。

[0046] 当第一线圈110和第二线圈120被给定符号和足够强度的励磁电流激励时,由第一

线圈110和第二线圈120产生的磁场B的磁通线通过具有相反方向的第一端部部分152和162指向旋转构件170的第一凸角部172和第二凸角部174,如图3所示。由第一端部部分152和162施加到旋转构件170的第一凸角部172和第二凸角部174上的磁力的合力导致旋转构件170围绕中心轴线C朝向磁极构件150和160中的一个旋转(在图3的示例中为逆时针方向),直到到达左凸角部174与吸引的磁极构件150的第一端部部分152机械接触的旋转状态。

[0047] 选择磁极构件150和160、旋转构件170的形状以及它们之间的距离,使得减小沿着由磁极构件150、160、旋转构件170和它们之间的分离间隙形成的磁通量路径的一部分的磁阻(磁阻),并因此在接触开始时增强作用在第一凸角部172和第二凸角部174中的一个或两个上的合成磁吸引力,如下面将描述的。

[0048] 为了改善由所产生的磁场在旋转构件170上产生的扭矩的效果,磁极构件150和160中的至少一个以及相应的面对的凸角部174或172被设计成在励磁线圈组件时增强它们之间的磁引力。

[0049] 具体地,在本实施例中,第一磁极构件150和第二磁极构件160的第一端部部分152和162以及旋转构件170的相应凸角部174、172被设计成具有匹配的磁阻提升形状轮廓,该轮廓被特别设计成在旋转运动期间当相应凸角部与第一端部部分接触时减小磁阻。

[0050] 例如,参考图4,第一端部部分152设置有台阶形状且具有弯曲侧壁156的凹部154,该弯曲侧壁156由横向于中心轴线C的平面上的给定长度和半径的圆形部段限定。此外,面对的凸角部174的匹配的磁阻提升形状轮廓在凸角部端面处具有互补的弯曲侧壁175,使得第一凸角部174和磁极构件150的第一端部部分152之间的重叠接触在旋转期间逐渐增加,直到旋转运动在预定的最大旋转角度处停止。台阶凹部154的尺寸被设计成在旋转构件170朝向第一端部部分152旋转时并且在第一端部部分152和凸角部174之间达到完全机械接触的最终状态之前,与凸角部174建立点状机械接触。特别地,基于旋转构件170可以从打开状态旋转直到旋转运动停止的闭合状态的期望最大旋转角度来设置圆形部段的长度。圆形部段的半径由来自旋转构件170的尺寸限定。

[0051] 这种特定的磁阻提升形状轮廓允许通过减小第一端部部分152和凸角部174之间的磁阻(磁阻)来增强在接触开始时施加在凸角部174上的合成磁吸引力。有效力的增强由合成磁阻力 $F_r$ 的方向决定。如图4的插图所示,对于第一磁极构件150,当凸角部174首先与台阶凹部154的弯曲侧壁156接触时,在第一端部部分152和旋转构件170的面对的凸角部174之间实现了最强的磁力效果。在这个阶段,合力 $F_r$ 的水平分量 $F_x$ 负责逆时针方向的旋转运动。该水平分量 $F_x$ 在旋转构件凸角部174的弯曲边缘175和第一磁极构件150中的台阶凹部154的弯曲部段156开始重叠时最大。在逆时针方向上继续旋转时,水平分量 $F_x$ 随着凹部弯曲部段156和凸角部弯曲边缘175之间的重叠表面的增加而减小,直到达到 $F_r$ 的大小仅具有竖直力分量 $F_y$ (Y分量)并且旋转运动被台阶凹部的基部159停止的状态。通过选择旋转构件170和磁极构件150的第一端部部分152之间的重叠位置的适当起点,相对于旋转构件170的结束位置,可以选择使得最大磁阻的点出现在特定角度位置。

[0052] 因此,由于磁阻力 $F_r$ 基于磁阻(磁阻)的变化,并且总是在最低磁阻的方向上起作用,所以磁阻提升形状轮廓的具体特征导致力分量(磁阻力 $F_r$ )被增加,这导致总吸引力的点状增加。结果,旋转构件170的凸角部172、174描绘了在相应圆形部段中以中心轴线C为中心的旋转运动。

[0053] 当达到预定的最大旋转角度时,旋转运动自动停止,并且在最大旋转角度下,存在面对的凸角部174和第一端部部分152的匹配的磁阻提升形状轮廓之间的完全重叠接触,即弯曲侧壁156和166之间以及凸角部174的端面178抵靠基部159的完全重叠接触。因此,取决于机电系统100的期望应用,可以选择磁阻提升形状轮廓的圆形部段156、166的长度和半径,以便将旋转构件170执行的旋转运动限制到期望的最大旋转角度。例如,弯曲部段156和166可以设计成实现等于或小于 $45^{\circ}$ 的预定最大旋转角度。

[0054] 在本实施例中,在第二磁极构件160的第一端部部分162和旋转构件170的第二凸角部172中也提供了匹配的磁阻提升形状轮廓。具体地,第一端部部分162也设置有台阶凹部164,该台阶凹部164具有弯曲侧壁166,该弯曲侧壁166在横向于中心轴线C的平面上限定了圆形部段。此外,面对的凸角部172的匹配的磁阻提升形状轮廓在凸角部端面处具有互补的弯曲侧壁,使得第二凸角部172和磁极构件160的第一端部部分162之间的重叠接触在旋转期间逐渐增加,直到旋转运动在预定的最大旋转角度处停止。类似地,对于第一磁极构件150,台阶凹部164也相对于旋转构件170的面对的凸角部172设计尺寸,以便在旋转构件170朝向第一端部部分162旋转时与面对的凸角部172建立点状机械接触。弯曲侧壁156和166优选相似,即具有相同的曲率半径和长度。另一方面,为了满足现有技术制造工艺的公差,旋转构件170在闭合状态下的结束位置优选地由旋转构件170仅与磁极构件150或160中的一者的完全机械接触来确定。在图3的示例中,凸角部174将与第一端部部分152的台阶凹部154完全接触,而即使当系统100闭合时,在第二磁极构件160的第一端部部分162和旋转构件170的凸角部172之间仍保留有气隙。

[0055] 因此,当线圈组件被合适的励磁电流(在强度和极性方面)激励时,旋转构件170旋转预定的旋转角度至闭合状态,在该闭合状态,旋转构件170的第一凸角部174完全抵靠第一磁极构件150的面对的第一端部部分152。机电系统100的复位,即当线圈组件去激励时旋转构件170返回到打开状态,可以经由集成在磁系统中的螺旋弹簧(未示出)来执行,当没有磁力施加到旋转构件170上时,该螺旋弹簧使旋转构件170返回到初始状态。打开状态通常也与初始旋转状态一致,在初始旋转状态下,第一线圈110和第二线圈120没有被供给励磁电流,并且因此,磁极构件150和160没有被磁化。

[0056] 为了便于组装以及提高布置在第一线圈110和第二线圈120上的第一磁极构件150和第二磁极构件160的机械稳定性,特别是当机电系统100以侧向取向安装时(例如,第一磁极构件150和第二磁极构件160以水平取向布置),第一磁极构件150和第二磁极构件160可以设置有相应的第二端部部分158、168,第二端部部分158、168从相应的第一线圈110和第二线圈120的上侧沿线圈轴线穿入相应的第一线圈150和第二线圈160的内部空间,并在线圈110、120的总长度的一部分上延伸。具体地,第一磁极构件150和第二磁极构件160可各自构造成U形形式,并布置成使得对应于第二端部158和168的U形腿向下穿过相应线圈110、120的内部空间。磁极构件150(或160)的另一个腿包括第一端部部分152(或162)并且被布置成在第一线圈110(或第二线圈120)的外侧延伸。

[0057] 第一磁极构件150和第二磁极构件160之间的磁通路径由主芯180从第一线圈110和第二线圈120的下侧闭合。具体地,主芯180布置在第一线圈110和第二线圈120的下侧,并且部分地穿入第一线圈110和第二线圈120的内部空间,以将第一磁极构件150的第二端部部分158连接到第二磁极构件的第二端部部分。主芯、第一磁极构件150、旋转构件170和第

二磁极构件160因此限定了由机电系统100的磁系统提供的主磁通路径。

[0058] 主芯180也优选构造成由中心区域182和从所述中心区域182的相应侧向上延伸的一对第一和第二腿部184、186形成的U形。主芯180的第一腿部184从第一线圈110的下侧穿过第一线圈110的内部空间,而第二腿部186穿过第二线圈120的内部空间。主芯180的两个腿部184、186都设置有足够的长度,以便向上延伸穿过相应的线圈110、120,直到分别与布置在第一磁极构件150和第二磁极构件160内部的第二端部部分158、168接触。因此,主芯180限定了在线圈组件的下侧以及第一线圈110和第二线圈120的中途的磁通路径。当然,主芯腿部184、186的长度可以比图2所示的更短或更长,因为它取决于第一和第二磁极110、120的第二部分158、168的长度。

[0059] 为了增加第一线圈110和第二线圈120的内部空间内的磁通线的约束,机电系统100的磁系统还可以包括辅助芯190。例如,辅助芯190可以布置成邻近主芯180,并且具有部分穿过第一线圈110和第二线圈120内部空间的部分。例如,如图2所示,辅助芯190也可以设置有U形形式,其腿部沿着第一线圈110和第二线圈120的整个轴向长度延伸,从而也覆盖第一磁极构件150和第二磁极构件160的第二端部部分158、168。主芯180和/或辅助芯190可以被提供为单件芯或者由芯片段组成。优选地,主芯和/或辅助芯由固态或叠层形式的软铁制成。旋转构件170也优选由软铁制成。

[0060] 在附加的有利实施例中,可以在磁极构件150和160的两个第一端部部分152和162中的一个处增加辅助永磁体,用于增加施加到旋转构件170的相应凸角部174和172上的磁力,并因此增加施加到旋转构件170上的合成扭矩。永磁体195于是被布置成面对旋转构件170的相应凸角部,并且被磁极化以减小横跨相应第一端部部分和面对的凸角部之间的分离间隙的磁阻。

[0061] 图5是根据本发明的另一示例性实施例的旋转部段机电系统200的竖直截面图,该旋转部段机电系统200将两个磁极中的磁阻提升几何结构与设置在磁极构件之一中的辅助永磁体195相结合。具体地,机电系统200与参照图1-4描述的机电系统100的主要不同之处在于,磁系统包括具有第二端部部分162'的第二磁极构件160',永磁体195布置在第二端部部分162'上。在这种构造中,第二端部部分162'也包括台阶凹部164'。如图5所示,台阶凹部164'包括与图1-4的先前实施例的磁阻提升凹部的弯曲部段166相似的弯曲部段166',其从永磁体195的前部面突出,永磁体195设置在第二端部部分162中设置的附加空腔中。永磁体195相对于旋转构件的下凸角部172和穿过第二线圈120的磁通线的方向被磁极化,以便增强施加到下凸角部172上的磁吸引力,并且因此增加旋转构件170在逆时针方向上的扭矩。除了修改的台阶凹部164'之外,第二磁极构件160'的其它特征与上面参照第二磁极构件160描述的那些特征相似或相同。

[0062] 图5所示的机电系统200的其他特征也与上述机电系统100的特征相同或相似。也就是说,机电系统200保持具有台阶凹部154的第一磁极构件150,台阶凹部154具有前述实施例中描述的特定磁阻提升轮廓。因此,对于本实施例,将省略相同元件的完整描述。

[0063] 在替代配置中,可以通过丢弃磁极构件中安装有永磁体的一个磁极构件上的磁阻提升几何结构来实施辅助永磁体195的添加,如在下面参考图7-8描述的示例性实施例中的。

[0064] 如图7所示,通过修改台阶凹部154以容纳永磁体195,同时保持弯曲部段156负责

实现磁阻提升效果,永磁体195可以设置在第二磁极构件160(而不是图5所示的第二磁极构件160')的第一端部部分162中。具体地,机电系统300与参照图1-4描述的机电系统100的主要不同之处在于,磁系统包括具有第二端部部分162”的第二磁极构件160”,永磁体195布置在第二端部部分162”上。在这种构造中,第二端部部分162”简单地设置有腔体或标准台阶凹部164”,永磁体195布置在该标准台阶凹部164”中,即,没有从永磁体195的前表面突出的弯曲侧壁,例如在参照图5和6描述的机电系统200中的。永磁体195还取向为具有这样的磁极性,该磁极性增强了施加到下凸角部172上的磁吸引力,因此增加了旋转构件170在逆时针方向上的扭矩。除了用于容纳永磁体195的第二端部部分162”的修改之外,第二磁极构件160”的其它特征与上面参照第二磁极构件160描述的那些特征相似或相同。图7-8中所示的机电系统300的、由相同的附图标记标识的其它特征也与上述机电系统100的特征相同或相似。因此,在本实施例中将省略机电系统300的相同元件的完整描述。

[0065] 总之,根据上述本发明原理的旋转部段机电系统可以有利地用于操作电气开关装置的接触系统,例如DC电力继电器,其直接旋转运动受到预定角度的旋转角度的限制,优选高达45°,同时使用最少的移动零件,从而提供比传统旋转机电系统更高鲁棒性的设计。

[0066] 尽管使用诸如“顶部”、“底部”和“上部”的术语描述了上述示例性实施例的某些特征,但是这些术语仅用于便于描述各个特征以及它们在光学模块内的相对取向的目的,并且不应被解释为将所要求保护的发明或其任何部件限制于特定的空间取向。此外,虽然上面已经参照中板光学模块描述了本发明,但是本发明的原理也可以有利地应用于涉及热、光和电接口的其他类型的光学模块,以便实现这种装置的密集封装。

[0067] 尽管参考附图使用诸如“竖直方向”、“左”、“右”、“向上”和“向下”的相对术语描述了上述示例性实施例的某些特征,但是这些术语应被理解为参考相应附图中描绘的坐标系XYZ来定义。除非在描述中另有说明,否则术语“竖直”或“上侧”在以上描述中用于描述相对于机电系统的其他特征位于坐标轴Z的正方向上的特征,并且术语“右侧”将被解释为在坐标轴X的正方向上的一侧。然而,应该理解的是,这些术语仅用于便于描述各个特征以及它们如何相对于彼此定位/取向的目的,而不应该被解释为将所要求保护的发明或其任何部件限制于特定空间取向的安装或使用。

[0068] 附图标记

[0069]	100	机电系统
[0070]	110	第一线圈
[0071]	115	线圈塔
[0072]	120	第二线圈
[0073]	125	线圈塔
[0074]	130	第一线圈和第二线圈之间的间隔区域
[0075]	140	支撑体
[0076]	150	第一磁极构件
[0077]	152	磁极构件的第一端部部分
[0078]	154	台阶凹部
[0079]	156	弯曲侧壁
[0080]	158	第二端部部分

[0081]	159	台阶凹部的基部
[0082]	160	第二磁极构件
[0083]	162	磁极构件的第一端部部分
[0084]	164	台阶凹部
[0085]	166	弯曲侧壁
[0086]	168	第二端部部分
[0087]	170	旋转构件
[0088]	171	轴承
[0089]	172	第一凸角部
[0090]	174	第二凸角部
[0091]	175	弯曲侧壁
[0092]	176	中心区域
[0093]	178	第一凸角部的端面
[0094]	179	弯曲侧壁
[0095]	180	主芯
[0096]	182	主芯的中心区域
[0097]	184、186	主芯U形的腿部
[0098]	190	辅助芯
[0099]	195	永磁体
[0100]	200	机电系统
[0101]	160'	第二磁极构件
[0102]	162'	磁极构件的第一端部部分
[0103]	164'	台阶凹部
[0104]	166'	弯曲侧壁
[0105]	300	机电系统
[0106]	160''	第二磁极构件
[0107]	162''	磁极构件的第一端部部分
[0108]	164''	台阶凹部
[0109]	C	中心轴线
[0110]	R	具有最大磁阻提升的接触点

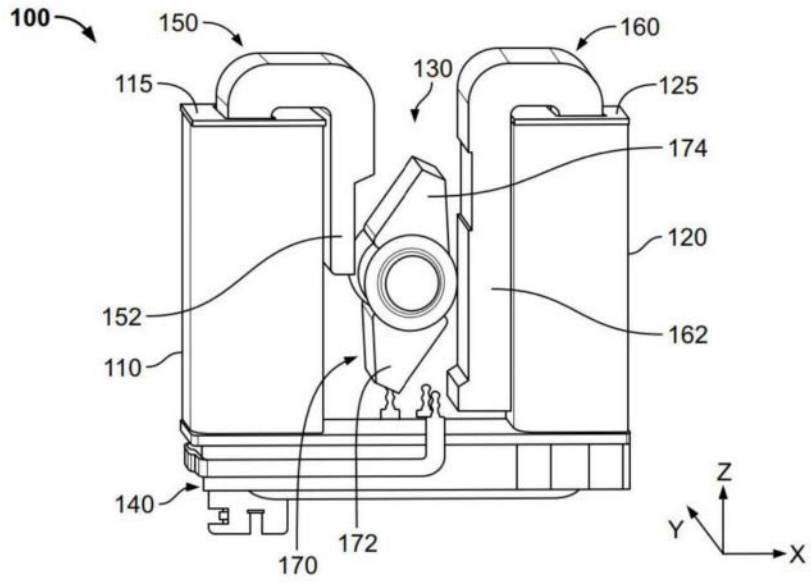


图1

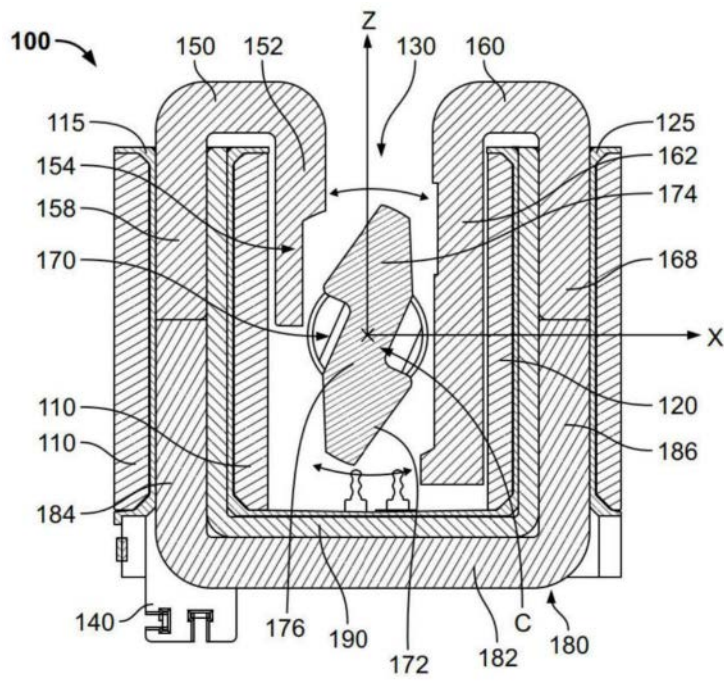


图2

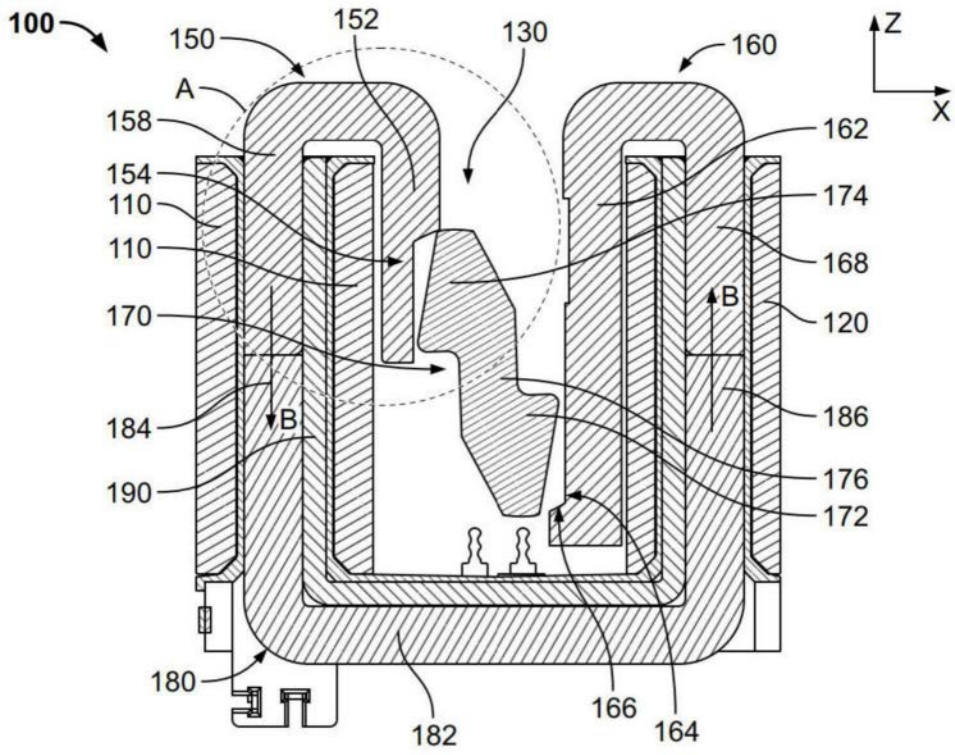


图3

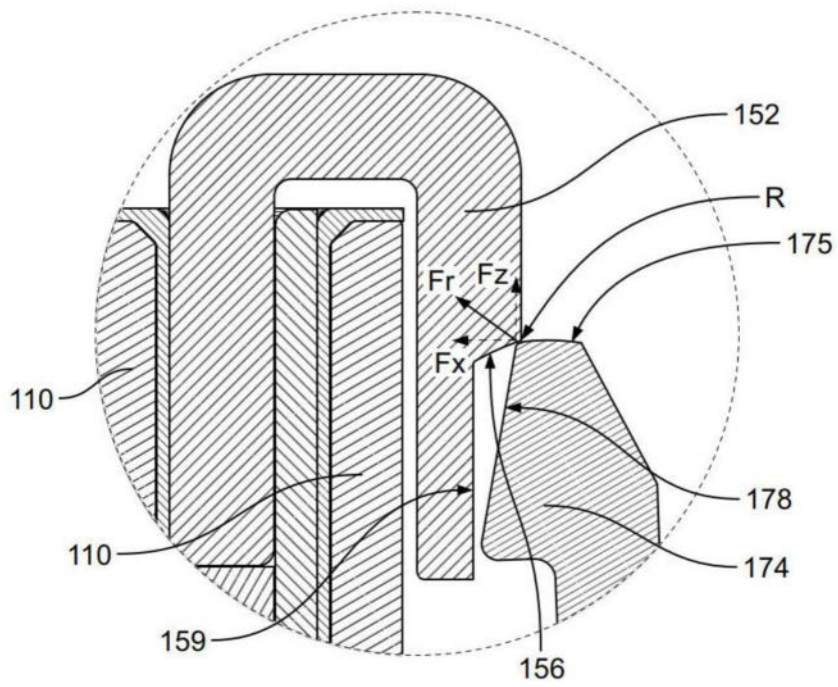


图4

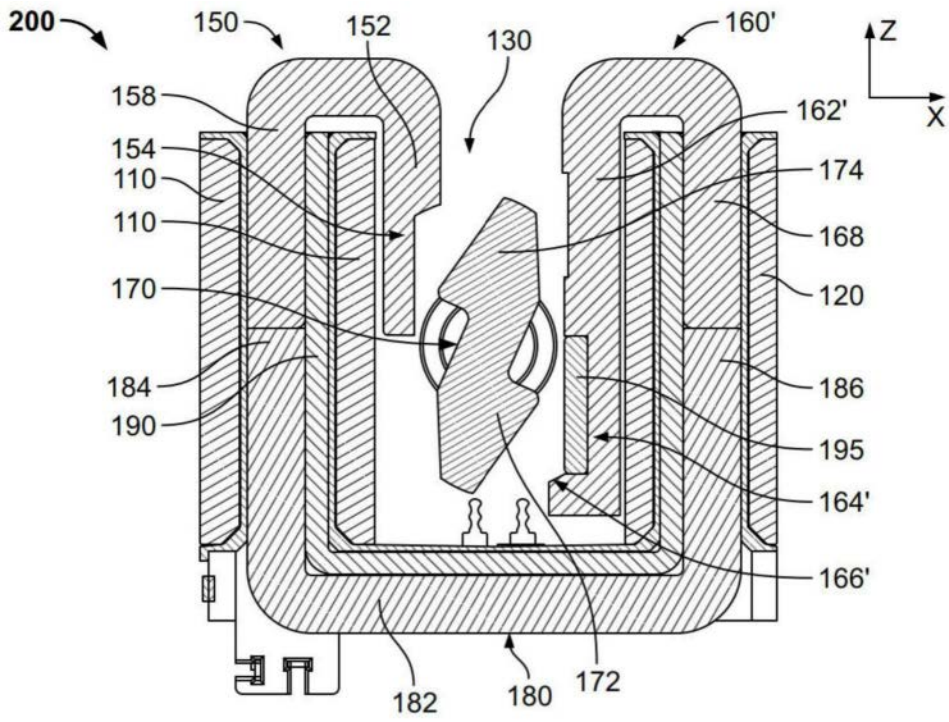


图5

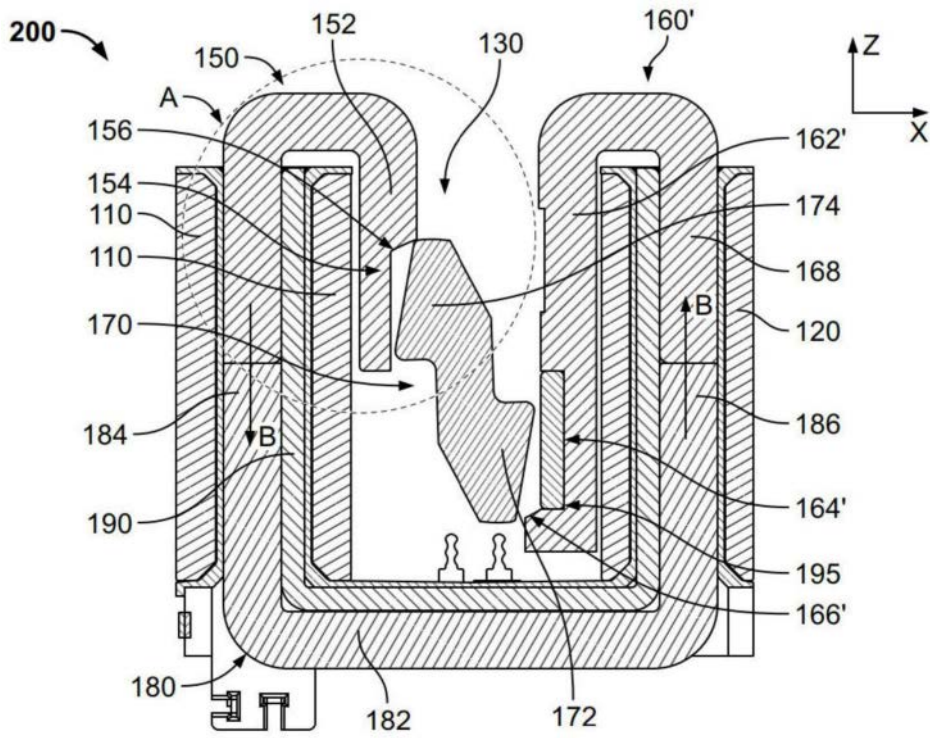


图6

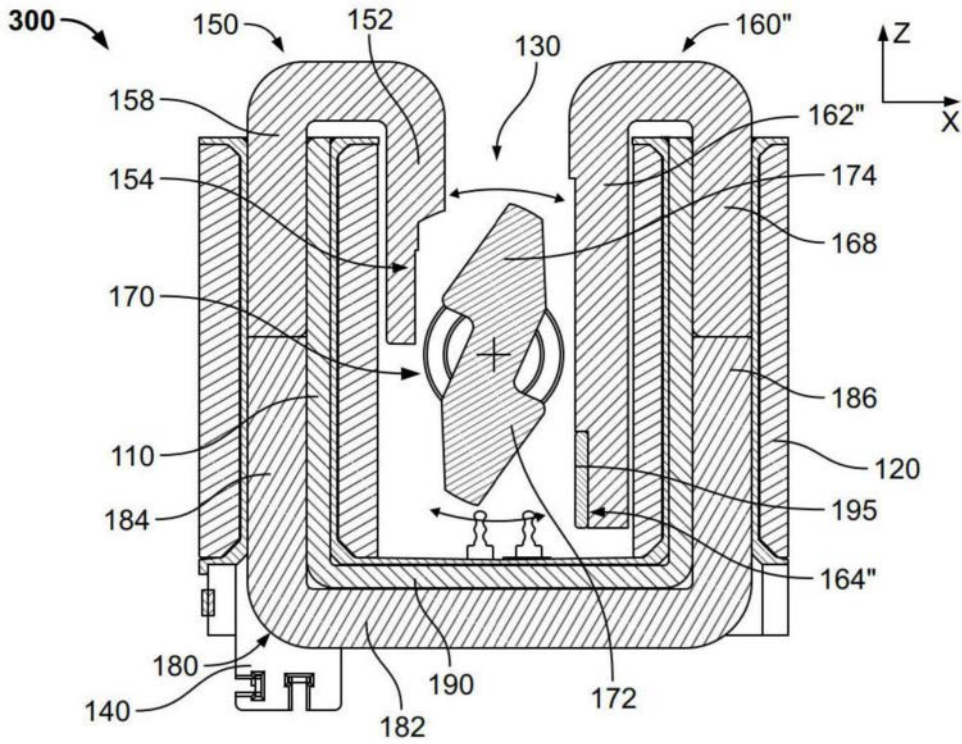


图7

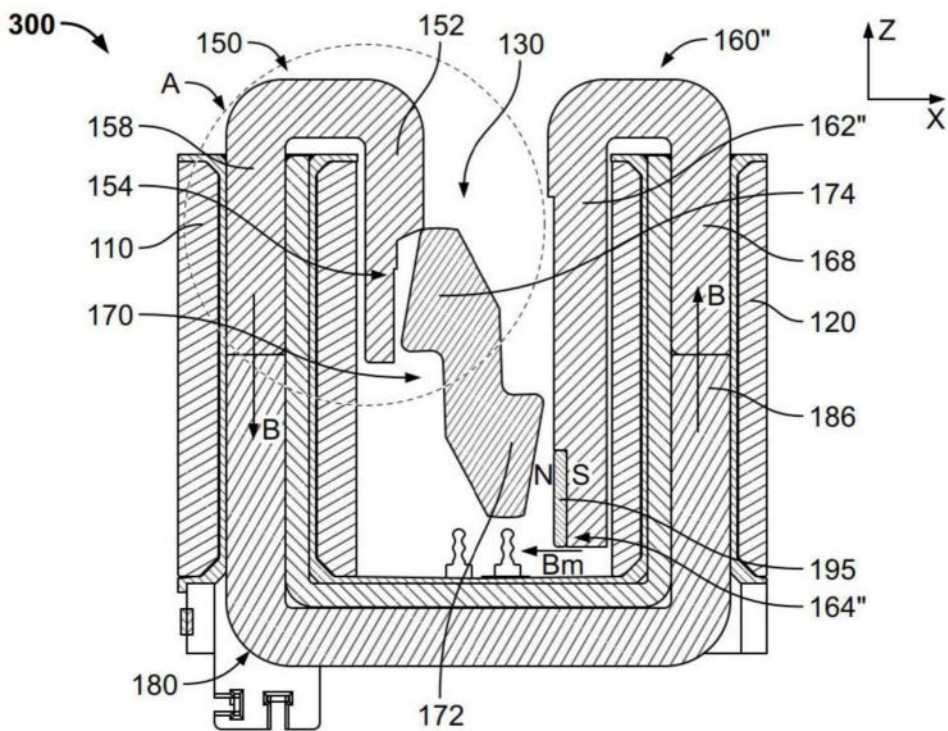


图8

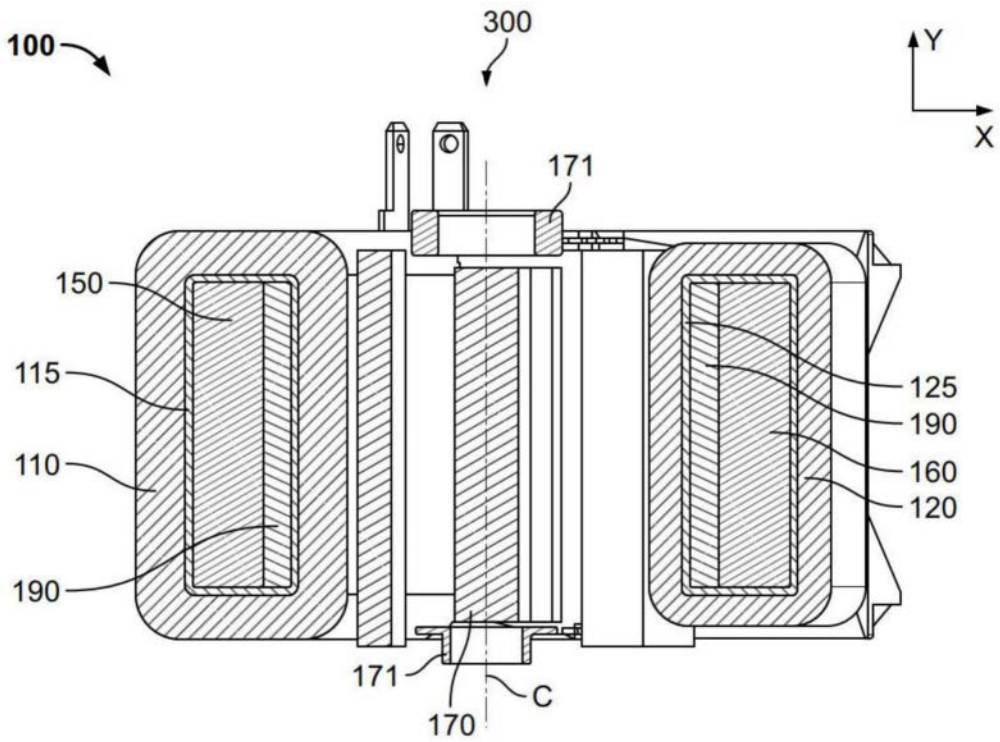


图9