



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109327085 B

(45) 授权公告日 2024.09.13

(21) 申请号 201810840935.9

(22) 申请日 2018.07.27

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 109327085 A

(43) 申请公布日 2019.02.12

(30) 优先权数据  
15/664,626 2017.07.31 US

(73) 专利权人 福特全球技术公司  
地址 美国密歇根州迪尔伯恩市

(72) 发明人 梁峰 郭鲁肃  
迈克尔·W·德格内尔

(74) 专利代理机构 北京铭硕知识产权代理有限公司 11286  
专利代理师 张红 王秀君

(51) Int.Cl.

H02K 1/22 (2006.01)

H02K 1/276 (2022.01)

(56) 对比文件

CN 103825420 A, 2014.05.28

CN 106253618 A, 2016.12.21

审查员 朱云娥

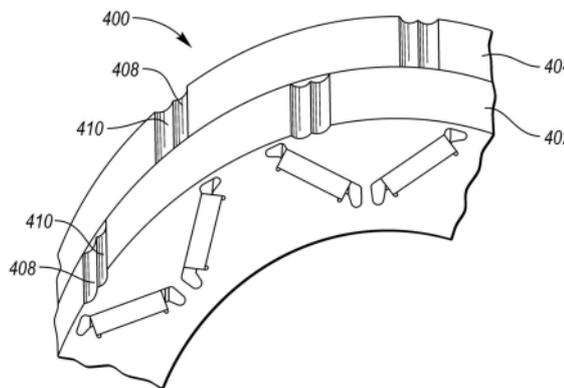
权利要求书1页 说明书8页 附图10页

(54) 发明名称

用于永磁电机转子的非对称表面凹槽图案

(57) 摘要

公开了一种用于永磁电机转子的非对称表面凹槽图案。用于永磁电机的转子包括相同叠片的第一堆和第二堆。所述转子被构造为围绕轴线旋转并且限定极和位于圆周表面上的轴向凹槽，所述轴向凹槽关于每个极的中心线非对称。第一堆和第二堆结合为使得第二堆相对于第一堆被翻转，并且第一堆的中心线与第二堆的中心线对齐。



1. 一种永磁电机,包括:

转子,被构造为围绕轴线旋转,所述转子包括相同叠片的第一堆和第二堆,所述相同叠片的第一堆和第二堆限定极和位于圆周表面上的轴向凹槽,所述轴向凹槽关于每个极的中心线非对称,并且所述相同叠片的第一堆和第二堆结合为使得第二堆相对于第一堆被翻转并且第一堆的中心线与第二堆的中心线对齐。

2. 如权利要求1所述的永磁电机,其中,所述转子还包括所述相同叠片的第三堆,并且结合为使得第二堆位于第一堆和第三堆之间且第三堆的轴向凹槽与第一堆的轴向凹槽对齐。

3. 如权利要求1所述的永磁电机,其中,所述轴向凹槽被限定有宽度,并且,与每个极所关联的轴向凹槽中的至少两个相关的宽度不同。

4. 如权利要求1所述的永磁电机,其中,所述轴向凹槽被限定有深度,并且,与每个极所关联的轴向凹槽中的至少两个相关的深度不同。

5. 如权利要求1所述的永磁电机,其中,所述轴向凹槽被限定有深度和宽度,并且,与每个极所关联的轴向凹槽中的至少两个相关的深度和宽度不同。

6. 如权利要求1所述的永磁电机,其中,所述轴向凹槽被限定为使得每个极关联有两个轴向凹槽。

7. 如权利要求1所述的永磁电机,其中,所述轴向凹槽关于中心线非对称地定位以相对于对称定位的轴向凹槽而抑制转矩脉动的形成。

8. 如权利要求1所述的永磁电机,其中,所述轴向凹槽关于中心线非对称地定位以相对于对称定位的轴向凹槽而增加平均转矩输出。

9. 一种用于永磁电机的转子,包括:

相同叠片的第一堆和第二堆,被构造为围绕轴线旋转并限定极和位于圆周表面上的轴向凹槽,所述轴向凹槽关于每个极的中心线非对称,第一堆和第二堆结合为使得第二堆相对于第一堆被翻转并且第一堆的中心线与第二堆的中心线对齐。

10. 如权利要求9所述的转子,还包括所述相同叠片的第三堆,所述第三堆结合为使得第二堆位于第一堆和第三堆之间且第三堆的轴向凹槽与第一堆的轴向凹槽对齐。

11. 如权利要求9所述的转子,其中,所述极以围绕所述轴线的预定弧长来限定,所述轴向凹槽被限定有宽度,与每个极所关联的轴向凹槽中的至少两个相关的宽度不同。

12. 如权利要求9所述的转子,其中,所述极以围绕所述轴线的预定弧长来限定,所述轴向凹槽被限定有深度,与每个极所关联的轴向凹槽中的至少两个相关的深度不同。

13. 如权利要求9所述的转子,其中,所述极以围绕所述轴线的预定弧长来限定,所述轴向凹槽被限定有深度和宽度,与每个极所关联的轴向凹槽中的至少两个相关的深度和宽度不同。

14. 如权利要求9所述的转子,其中,所述轴向凹槽关于中心线非对称地定位以相对于对称定位的轴向凹槽而降低永磁电机的转矩脉动。

15. 如权利要求9所述的转子,其中,所述轴向凹槽关于中心线非对称地定位以相对于对称定位的轴向凹槽而增加永磁电机的平均转矩。

## 用于永磁电机转子的非对称表面凹槽图案

### 技术领域

[0001] 本申请总体上涉及用于永磁电机的转子构造。

### 背景技术

[0002] 混合动力电动车辆和电动车辆利用一个或更多个电机为车辆提供推进。各种电机技术可用于此类应用。永磁电机是用于车辆应用的典型选择。永磁电机包括定子和转子。转子由永磁体构建。定子中的线圈被激励以产生与由转子永磁体产生的电磁通相互作用的电磁通。磁通的相互作用使转子旋转。由于各种电动机的设计特性,相互作用的电磁通产生包括谐波分量的转矩。转矩可描述为具有不同频率的分量的总和。这在转矩中被视为脉动或振荡。转矩脉动或转矩振荡引起振动和噪声。

### 发明内容

[0003] 一种永磁电机包括转子,所述转子被构造为围绕轴线旋转,所述转子包括相同叠片的第一堆和第二堆,第一堆和第二堆限定极和位于圆周表面上的轴向凹槽,所述轴向凹槽关于每个极的中心线非对称,并且所述第一堆和第二堆结合为使得第二堆相对于第一堆被翻转并且第一堆的中心线与第二堆的中心线对齐。

[0004] 一种用于永磁电机的转子包括相同叠片的第一堆和第二堆,第一堆和第二堆被构造为围绕轴线旋转并限定极和位于圆周表面上的轴向凹槽,轴向凹槽关于每个极的中心线非对称,并且第一堆和第二堆结合为使得第二堆相对于第一堆被翻转并且第一堆的中心线与第二堆的中心线对齐。

[0005] 转子还可包括相同叠片的第三堆,并且第三堆结合为使得第二堆位于第一堆和第三堆之间且第三堆的轴向凹槽与第一堆的轴向凹槽对齐。

[0006] 一种用于永磁电机的转子包括相同叠片的第一堆和第二堆,第一堆和第二堆被构造为围绕轴线旋转并且限定极和位于圆周表面上的轴向凹槽,轴向凹槽关于每个极的中心线非对称,第一堆和第二堆定向为使得轴向凹槽对齐。转子还包括相同叠片的第三堆,第三堆相对于第一堆和第二堆被翻转并设置于第一堆和第二堆之间使得由第三堆限定的轴向凹槽与由第一堆和第二堆限定的轴向凹槽不对齐。

[0007] 转子还可以以围绕轴线的预定弧长来限定极。所述轴向凹槽可被限定有宽度,并且与每个极所关联的轴向凹槽中的至少两个相关的宽度可不同。所述轴向凹槽可被限定有深度,并且与每个极所关联的轴向凹槽中的至少两个相关的深度可不同。与每个极所关联的轴向凹槽中的至少两个相关的深度和宽度可不同。所述轴向凹槽可被限定为使得每个极关联有两个轴向凹槽。

[0008] 所述轴向凹槽可关于中心线非对称地定位以相对于对称定位的轴向凹槽而降低永磁电机的转矩脉动。所述轴向凹槽可关于中心线非对称地定位以相对于对称定位的轴向凹槽而增加永磁电机的平均转矩。

[0009] 根据本发明的一个实施例,所述极以围绕轴线的预定弧长来被限定,所述轴向凹

槽被限定有宽度,与每个极所关联的轴向凹槽中的至少两个相关的宽度不同。

[0010] 根据本发明的一个实施例,所述极以围绕轴线的预定弧长来被限定,所述轴向凹槽被限定有深度,与每个极所关联的轴向凹槽中的至少两个相关的深度不同。

[0011] 根据本发明的一个实施例,所述极以围绕轴线的预定弧长来被限定,所述轴向凹槽被限定有深度和宽度,与每个极所关联的轴向凹槽中的至少两个相关的深度和宽度不同。

[0012] 根据本发明的一个实施例,所述轴向凹槽可关于中心线非对称地定位以相对于对称定位的轴向凹槽而增加平均转矩。

## 附图说明

[0013] 图1是混合动力车辆示意图,示出了包括电机的典型动力传动系和能量储存部件。

[0014] 图2A是转子叠片的俯视图的示例。

[0015] 图2B是由一系列转子叠片构成的转子的侧视图的示例。

[0016] 图3是局部的转子和定子叠片的示例。

[0017] 图4A是从第一侧观察到的转子叠片的一部分的侧视图。

[0018] 图4B是从第二侧观察到的图4A的转子叠片的侧视图。

[0019] 图5描绘了包括如图4A中的叠片的第一堆和如图4B中的叠片的第二堆的转子。

[0020] 图6A是从第一侧观察到的转子叠片的一部分的侧视图。

[0021] 图6B是从第二侧观察到的图6A的转子叠片的侧视图。

[0022] 图7描绘了包括如图6A中的叠片的第一堆和如图6B中的叠片的第二堆的转子。

[0023] 图8描绘了包括设置在如图6A中的叠片的第一堆和第三堆之间的如图6B中的叠片的第二堆的转子。

## 具体实施方式

[0024] 在此描述了本公开的实施例。然而,应当理解的是,公开的实施例仅为示例,并且其它实施例可采取各种可替代形式。附图不需要按比例绘制;一些特征可被夸大或最小化,以示出特定组件的细节。因此,在此公开的具体结构和功能细节不应被解释为限制,而仅作为用于教导本领域技术人员以多种形式利用本发明的代表性基础。如本领域普通技术人员将理解的,参照任一附图示出和描述的各种特征可与一个或更多个其它附图中示出的特征组合,以产生未被明确示出或描述的实施例。示出的特征的组合提供了用于典型应用的代表性实施例。然而,与本公开的教导一致的特征的各种组合和变型可被期望用于特定的应用或实施方式。

[0025] 图1描绘了可被称为插电式混合动力电动车辆(PHEV)的电气化车辆112。插电式混合动力电动车辆112可包括一个或更多个电机114,所述电机114机械地连接到混合动力传动装置116。电机114能够作为电动机或发电机运行。此外,混合动力传动装置116机械地连接到发动机118。混合动力传动装置116还机械地连接到驱动轴120,驱动轴120机械地连接到车轮122。电机114可在发动机118开启或关闭时提供推进和减速能力。电机114还可用作发电机,并且可通过回收在摩擦制动系统中通常作为热而损失的能量来提供燃料经济性效益。电机114还可通过允许发动机118以更高效的转速运转并且允许混合动力电动车辆112

在特定状况下以发动机118关闭的电动模式运转来减少车辆排放。电气化车辆112还可以是电池电动汽车(BEV)。在BEV配置中,发动机118可以不存在。在其它配置中,电气化车辆112可以是没有插电能力的全混合动力电动汽车(FHEV)。

[0026] 牵引电池或电池组124储存可由电机114使用的能量。车辆电池组124可提供高电压直流(DC)输出。牵引电池124可电连接到一个或多个电力电子模块126。一个或多个接触器142可在断开时将牵引电池124与其它组件隔离,并且可在闭合时将牵引电池124连接到其它组件。电力电子模块126还电连接到电机114,并提供在牵引电池124和电机114之间双向传输能量的能力。例如,牵引电池124可提供DC电压,而电机114可能在三相交流电(AC)下运行以起作用。电力电子模块126可将DC电压转换成三相AC电流以使电机114运转。在再生模式下,电力电子模块126可将来自充当发电机的电机114的三相AC电流转换成与牵引电池124兼容的DC电压。

[0027] 车辆112可包括电连接在牵引电池124和电力电子模块126之间的可变电电压转换器(VVC)。VVC可以是DC/DC升压转换器,DC/DC升压转换器被配置为增大或升高牵引电池124提供的电压。通过增大电压,电流需求可被降低,从而导致用于电力电子模块126和电机114的配线尺寸减小。此外,电机114可以以更高的效率和更低的损耗运转。

[0028] 牵引电池124除了提供用于推进的能量之外,还可为其它车辆电气系统提供能量。车辆112可包括DC/DC转换器模块128,DC/DC转换器模块128将牵引电池124的高电压DC输出转换成与低电压车辆负载152兼容的低电压DC供电。DC/DC转换器模块128的输出可电连接到辅助电池130(例如,12V电池),以用于对辅助电池130进行充电。低电压系统可电连接到辅助电池130。一个或多个电负载146可连接到高电压总线。电负载146可具有相关联的控制器,该控制器在适当的时候对电负载146进行操作和控制。电负载146的示例可以是风扇、电加热元件和/或空调压缩机。

[0029] 电气化车辆112可被配置为从外部电源136对牵引电池124进行再充电。外部电源136可连接到电插座。外部电源136可电连接到充电器或电动车辆供电设备(EVSE)138。外部电源136可以是由公共电力公司提供的配电网络或电网。EVSE 138可提供电路和控制以对电源136与车辆112之间的能量传输进行调节和管理。外部电源136可向EVSE 138提供DC或AC电力。EVSE138可具有用于插入车辆112的充电端口134的充电连接器140。充电端口134可以是配置为将电力从EVSE 138传输到车辆112的任何类型的端口。充电端口134可电连接到充电器或车载电力转换模块132。电力转换模块132可调节由EVSE 138供应的电力,以向牵引电池124提供合适的电压和电流电平。电力转换模块132可与EVSE 138进行交互,以协调对车辆112的电力传输。EVSE连接器140可具有与充电端口134的对应插槽匹配的插脚。可选地,被描述为电耦合或电连接的各种组件可使用无线感应耦合来传输电力。

[0030] 可提供一个或多个车轮制动器144用于使车辆112减速和防止车辆112运动。车轮制动器144可以是液压致动的、电致动的或它们的某种组合。车轮制动器144可以是制动系统150的一部分。制动系统150可包括其它组件以操作车轮制动器144。为了简单起见,附图描绘了制动系统150与一个车轮制动器144之间的单个连接。隐含了制动系统150与其它车轮制动器144之间的连接。制动系统150可包括用于监测和协调制动系统150的控制器。制动系统150可监测制动组件并控制用于车辆减速的车轮制动器144。制动系统150可对驾驶员命令进行响应并且还可自主地操作,以实现诸如稳定性控制的功能。制动系统150的控制

器可实现当被另一控制器或子功能请求时施加所请求的制动力的方法。

[0031] 车辆112中的电子模块可经由一个或更多个车辆网络进行通信。车辆网络可包括用于通信的多个信道。车辆网络的一个信道可以是诸如控制器局域网(CAN)的串行总线。车辆网络的信道中的一个可包括由电气和电子工程师协会(IEEE)802标准族定义的以太网。车辆网络的其它信道可包括模块之间的离散连接,并且可包括来自辅助电池130的电力信号。不同的信号可通过车辆网络的不同信道进行传输。例如,视频信号可通过高速信道(例如,以太网)进行传输,而控制信号可通过CAN或离散信号进行传输。车辆网络可包括有助于在模块之间传输信号和数据的任何硬件组件和软件组件。车辆网络未在图1中示出,但是可隐含了车辆网络可连接到存在于车辆112中的任何电子模块。可提供车辆系统控制器(VSC)148以协调各个组件的操作。

[0032] 电机114可以是包括定子和转子的内置永磁体(IPM)电机。图2A描绘了转子叠片238的示例,并且图2B描绘了具有以轴向堆叠关系布置的多个转子垫片238和多个定子叠片236的定子222和转子220构造的侧视图。转子叠片238可限定用于容纳驱动轴的圆形中央开口260,驱动轴具有可接纳驱动键262的键槽。转子叠片238可限定多个磁体开口242,所述多个磁体开口242相对于相邻的数对磁体开口242对称设置。

[0033] 与转子磁极相对应的多个转子扇区224可通过多个极间轴线(例如,280、284)限定,所述多个极间轴线从旋转中心轴线270发出到转子叠片238的外表面250。每个扇区224可包括一对磁体开口242。极间轴线(例如,280、284)可被设置成在相邻的数对磁体开口242之间居中。需注意的是,图2A仅示出两个可行的极间轴线280、284,并没有示出所有可行的极间轴线。图2B描绘了沿着中心轴线270堆叠的一系列轴向堆叠的转子叠片238,转子220被配置为围绕中心轴线270旋转。

[0034] 图3描绘了转子220和定子222的可行构造的局部的径向剖面图。在图3中描绘了局部的定子叠片236和局部的转子叠片238。转子叠片238和定子叠片236可由铁合金组成。小气隙240位于定子叠片236的内周和转子叠片238的外周之间。定子叠片236可限定用于接纳定子导体或相绕组的径向延伸的开口234。

[0035] 转子叠片238可限定在每个转子叠片的外周250附近对称设置的磁体开口242。每个磁体开口242可被构造为接纳磁体244。在给定的设计中可根据设计选择使用任意数量的叠片。转子叠片238和定子叠片236可沿旋转轴线270以堆叠的方式布置。轴向堆叠的转子叠片238和磁体244可限定围绕轴线270分布的多个磁极。

[0036] 定子222可具有设置在径向延伸的开口234中的导体以形成绕组。定子222可包括由堆叠的定子叠片236制成的铁心和用于承载激励电流的导体的绕组布置。流过定子绕组的电流产生定子电磁通。可通过调节流过定子绕组的电流的幅值和频率来控制定子磁通。因为定子绕组被包含于开口234中,而不是沿着定子的内圆周均匀的正弦分布,所以在定子磁通中可存在谐波磁通。

[0037] 转子220可包括由堆叠的转子叠片238制成的铁心和嵌入由铁心限定的孔或空腔242内的多组永磁体244。转子220内的永磁体244可产生转子电磁通。转子磁通可包括归因于离散的永磁体的形状和尺寸的谐波磁通。定子磁通和转子磁通可分布在气隙240中。定子磁通和转子磁通之间的相互作用使转子220围绕轴线270旋转。

[0038] 转子220的极在几何形状上可被限定为与由转子叠片238限定的扇区224相对应。

每个极可由扇区224表示。极的位置通常可由极中心轴线282限定,该极中心轴线282从轴线270沿着相邻的磁体开口242(包括一对磁体开口242)之间的中点向转子220的外表面250径向延伸。极间轴线(例如,280、284)可从轴线270向转子220的外表面250在相邻的极之间径向延伸。两个相邻的极之间的角距离可限定极距参数。在转子圆周表面250上位于转子的两个相邻的极之间的弧长可称为极距。可在相邻的极中心轴线282之间绕转子外表面250周向地测量极距。每个极可具有位于转子220的外圆周表面250上的相关联的表面区域。每个极可由相邻的极间轴线280、284之间的表面上的弧长来表示。

[0039] 电机气隙中的电磁场或信号分布可由具有不同极数和幅值的谐波分量的总和构成。每个谐波分量可表示为频率和幅值。信号可包括基波分量。基波分量可以是具有相同的转子极数的分量。

[0040] 在运行期间,定子和转子的基波分量磁通可以以相同方向在相同频率下旋转。定子磁通和转子磁通的基波分量之间的相互作用产生转矩。定子和转子谐波磁通可具有不同的极数、转速和方向。因此,谐波磁通之间的相互作用产生转矩波动,被称为转矩脉动。转矩脉动可具有具有不同频率的谐波分量。转矩脉动分量的阶次可被限定为转矩脉动分量的频率与转子的转速(每秒转数)的比值。

[0041] 转矩脉动的一个影响就是可产生转子的速度振荡。此外,转矩脉动可影响电机及连接到电机的组件的噪声和振动。较高阶次的转矩脉动频率可被所连接的机械系统的有限带宽滤除。转矩脉动的较低的谐波频率可在所连接的系统中导致机械振动。可期望降低转矩脉动以降低包含电机的系统中的振动和噪声。

[0042] 电机可在某种程度上通过转矩脉动来限定特征。通常,具有较低的转矩脉动的电机是优选的。调节转矩脉动的技术可以是倾斜转子。倾斜的转子可描述为具有磁体开口彼此偏移的至少两个部分的转子。每个部分可具有抵消总体转矩脉动的不同的转矩脉动构造。虽然转子倾斜可降低转矩脉动,但是对电机的其它特性有不利的影晌。例如,倾斜转子导致电机的输出转矩降低。转子的倾斜还增加制造和装配电机的成本。

[0043] 典型的转子220的外圆周表面250是圆滑的或平滑的。在一些应用中,转子叠片238的外表面250可限定轴向凹槽的图案。凹槽可以是平行于轴线270定向的通道。凹槽可跨越转子238的外表面250的轴向长度。凹槽可影响气隙磁通的分布,进而影响转矩脉动。凹槽可以为具有距离外表面250预定深度的圆滑形状。在其它构造中,凹槽可具有诸如矩形或梯形的替代形状。凹槽的形状可被配置为最小化特定谐波分量。凹槽的影响在于降低转矩的选定的谐波分量的幅值而不影响其它谐波分量。在很多车辆应用中,可能期望降低数个谐波分量的幅值。凹槽图案的选择可实现为最小化电机平均转矩的任何降低。

[0044] 在转子表面250上限定相同图案的凹槽并结合在一起的叠片可称为堆。在一些转子构造中,转子220可由单个堆构成。一个或更多个轴向凹槽的子组可与转子220的极相对应。在一些构造中,与每个极相关联的轴向凹槽可具有相同的图案。例如,轴向凹槽可位于每个极的中点(例如,极中轴线282)。作为另一示例,轴向凹槽可限定在极的中点(例如,极中轴线282)的任意一侧上的预定周向距离处。转子叠片238可被配置为针对每个极限定相同的凹槽图案。针对极限定的凹槽图案可随着外圆周表面250围绕轴线270延伸而重复。

[0045] 在一些构造中,转子可由多于一个的堆构成。图4A描绘了转子叠片302的一部分,示出转子的两个极。横跨圆周表面的弧长314可与极对应。中心线312可将对应于极的弧长

314平分为两个相等的扇区。第一凹槽308和第二凹槽310可限定在转子叠片302的外圆周表面中。在一些构造中,第一凹槽308和第二凹槽310可相对于中心线312非对称。即,第一凹槽308和第二凹槽310可位于与中心线312距离不同的位置。凹槽的图案可通过第一凹槽308和第二凹槽310相对于中心线312的位置而针对每个极进行限定。转子的每个极可限定相同的图案。

[0046] 如图4A和图4B所描绘的,第一凹槽308和第二凹槽310位于中心线的同一侧。然而,凹槽可以以距中心线312不同距离而位于中心线312的不同侧上。图4A描绘了转子叠片302的第一表面304可见的视图。

[0047] 图4B描绘了转子叠片302的第二表面306可见的视图。第二表面306位于转子叠片302的与第一表面304相背的一侧上。图4B描绘了被翻转或倒转后使得第二表面306可见的转子叠片302。即,图4B表示相对于图4A中的转子叠片是翻转的或倒转的转子叠片302。当从第一表面304或第二表面306观看时,转子叠片可显示为二维平坦表面。可限定将大致圆形的叠片平分并处在相同平面内的线。翻转或倒转转子叠片将转子叠片围绕所述线旋转180度使得相背的一侧被观看到。

[0048] 图5描绘了转子400的一部分,转子400由结合到叠片的第二堆404的叠片的第一堆402构成。第一堆402和第二堆404由相同的转子叠片(例如,图4A中的302)的堆构成。转子叠片由相同的图案或设计形成,并且在理想条件下除制造公差以外可以是相同的。叠片(例如,302)可限定转子的磁极。叠片(例如,302)还可限定在圆周表面上关于磁极的中心线非对称的轴向凹槽(例如,308、310)。第一堆402可包括相同的转子叠片(例如,302)并可对齐使得每个弧的中心线312对齐。同样的,由相同叠片限定的轴向凹槽对齐以限定穿过第一堆402的圆周表面的第一轴向凹槽408和第二轴向凹槽410。

[0049] 第二堆404可包括与第一堆402相同的叠片。然而,第二堆404在连接到第一堆402之前被翻转或倒转。第二堆404也限定穿过第二堆404的圆周表面的第一轴向凹槽408和第二轴向凹槽410。由于第二堆404相对于第一堆402被翻转或倒转,所以当两个堆结合在一起时与第一堆402和第二堆404中的每个相关联的第一轴向凹槽408和第二轴向凹槽410不是对齐的。第一堆402和第二堆404可结合为使得与极或对应于极的弧长相关联的中心线对齐。因此,每个堆的轴向凹槽不对齐并且不形成轴向地穿过由第一堆402和第二堆404限定的整个圆周表面的凹槽。

[0050] 所描述的构造的优势在于采用了单个叠片设计。由于每个堆由相同的叠片构成,所以采用单个叠片设计降低了成本。因此,不存在用于开发另外的叠片的附加设计成本。此外,增加相同叠片的体积可有助于进一步降低成本。此外,叠片可设计为最小化转矩脉动,同时最小化对产生的平均转矩的影响。这引起电机性能的改善。

[0051] 图6A描绘了限定转子的两个极的转子叠片502的一部分。图6A描绘了转子叠片502的第一表面504可见的视图。横跨圆周表面的弧长514可与转子极对应。极可围绕轴线以预定弧长限定。中心线512可将与极对应的弧长514平分为两个相等的扇区。第一凹槽508和第二凹槽510可限定在转子叠片502的外圆周表面中。轴向凹槽可具有由宽度和深度参数限定的特征。例如,第一凹槽508可具有由深度 $d_1$  520和宽度 $w_1$  522限定的特征。第二凹槽510可具有由深度 $d_2$  516和宽度 $w_2$  518限定的特征。深度 $d_1$  520可与深度 $d_2$  516不同。宽度 $w_1$  522可与宽度 $w_2$  518不同。凹槽的深度和宽度可被选择为调节电机的特性(例如,降低转矩脉动,

最大化平均转矩性能)。

[0052] 在一些构造中,与每个极所关联的凹槽中的至少两个相关的宽度可以不同。例如, $w_1$  522可与 $w_2$  518不同。在一些构造中,与每个极所关联的凹槽中的至少两个相关的深度可以不同。例如, $d_1$  520可与 $d_2$  516不同。在一些构造中,与每个极所关联的凹槽中的至少两个相关的深度和宽度可以不同。在一些构造中,轴向凹槽可被限定为使得每个极关联有两个轴向凹槽。

[0053] 图6B描绘了在被翻转或倒转后使得第二表面506可见的转子叠片502。即,图6B表示相对于图6A所描绘的转子叠片翻转的转子叠片502。

[0054] 图7描绘了由结合到叠片的第二堆604的叠片的第一堆602构成的转子600的一部分。第一堆602和第二堆604包括相同的转子叠片(例如,图6A中的502)。第一堆602可由相同的转子叠片构成并可对齐为使得每个极的中心线512对齐。因此,由相同的叠片限定的轴向凹槽对齐以限定穿过第一堆602的圆周表面的第一轴向凹槽608和第二轴向凹槽610。

[0055] 第二堆604可由与第一堆602相同的叠片构成。然而,第二堆604在连接到第一堆602之前被翻转或倒转。第二堆604也限定穿过第二堆604的圆周表面的第一轴向凹槽608和第二轴向凹槽610。由于第二堆604相对于第一堆602被翻转或倒转,所以当两个堆结合在一起时与第一堆602和第二堆604中的每个相关联的第一轴向凹槽608和第二轴向凹槽610不是对齐的。第一堆602和第二堆604可结合为使得与极或对应于极的弧长相关联的中心线对齐。因此,轴向凹槽不轴向地穿过由第一堆602和第二堆604限定的整个圆周表面。

[0056] 永磁电机可具有转矩脉动的特征。轴向凹槽可围绕中心线512非对称设置为使得相对于对称设置的轴向凹槽而言转矩脉动是降低的。即,转矩脉动的形成得到抑制。永磁电机还可具有平均转矩输出的特征。轴向凹槽可围绕中心线512非对称设置为使得相对于对称设置的轴向凹槽而言平均转矩增加。

[0057] 图8描绘了包括叠片的第一堆702、叠片的第二堆704和叠片的第三堆706的转子700的一部分。每个堆可由相同的叠片(例如,图6A中的502)构成。第二堆704可设置在第一堆702和第三堆706之间。此外,第二堆704可相对于第一堆702和第三堆706被翻转或倒转。堆可结合为使得第一堆702和第三堆706的轴向凹槽对齐并且第二堆704的轴向凹槽不与第一堆702和第三堆706的轴向凹槽对齐。在此类构造中,前述变化和优点也是可适用的。

[0058] 多部分式转子构造的优点在于可降低多个谐波分量的幅值。每个堆的凹槽图案可被构造为降低谐波频率分量。通过将具有不同凹槽图案的扇区进行组合,由多个谐波频率产生的转矩脉动也可被降低。在每个极中的轴向凹槽的位置和部分的数目可被确定为降低选定的谐波。虽然在此的附图描绘了轴向凹槽,但期望凹槽的数量和轴向凹槽的位置可基于具体的电机设计而改变。

[0059] 虽然以上描述了示例性实施例,但是这些实施例并不意在描述权利要求所涵盖的所有可能形式。说明书中使用的词语为描述性词语而非限制性词语,并且应理解的是,可在不脱离本公开的精神和范围的情况下作出各种改变。如前所述,各个实施例的特征可被组合,以形成本发明的可能未被明确描述或示出的进一步的实施例。尽管各个实施例可能已被描述为提供优点或者在一个或更多个期望的特性方面优于其它实施例或现有技术的实施方式,但是本领域普通技术人员应认识到,根据具体的应用和实施方式,一个或更多个特征或特性可被折衷,以实现期望的整体系统属性。这些属性可包括但不限于成本、强度、耐

久性、生命周期成本、可销售性、外观、包装、尺寸、可维护性、重量、可制造性、装配的容易性等。因此,被描述为在一个或多个特性方面不如其它实施例或现有技术的实施方式的实施例并不在本公开的范围之外,并且可被期望用于特定的应用。



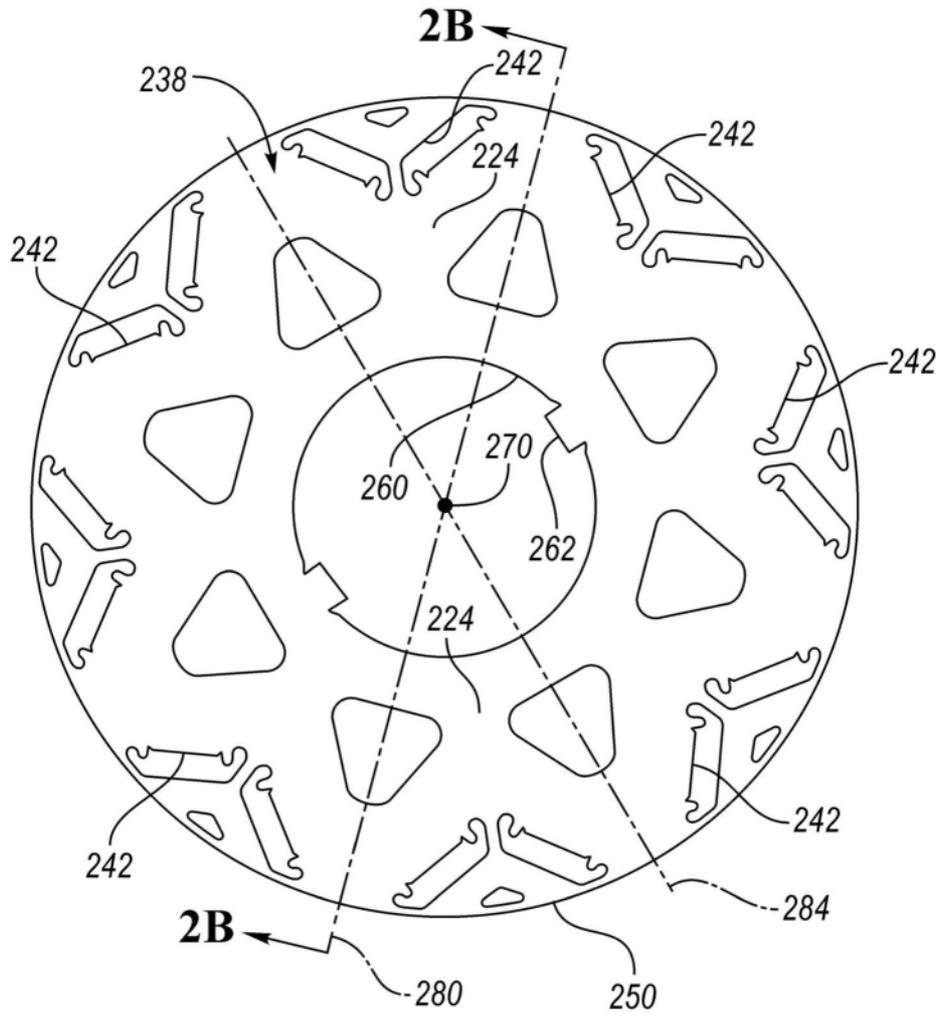


图2A

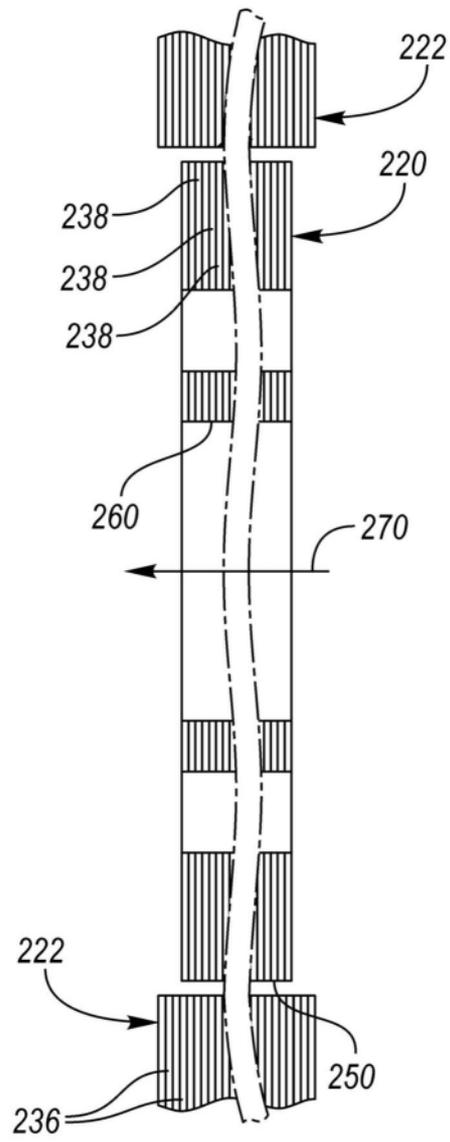


图2B

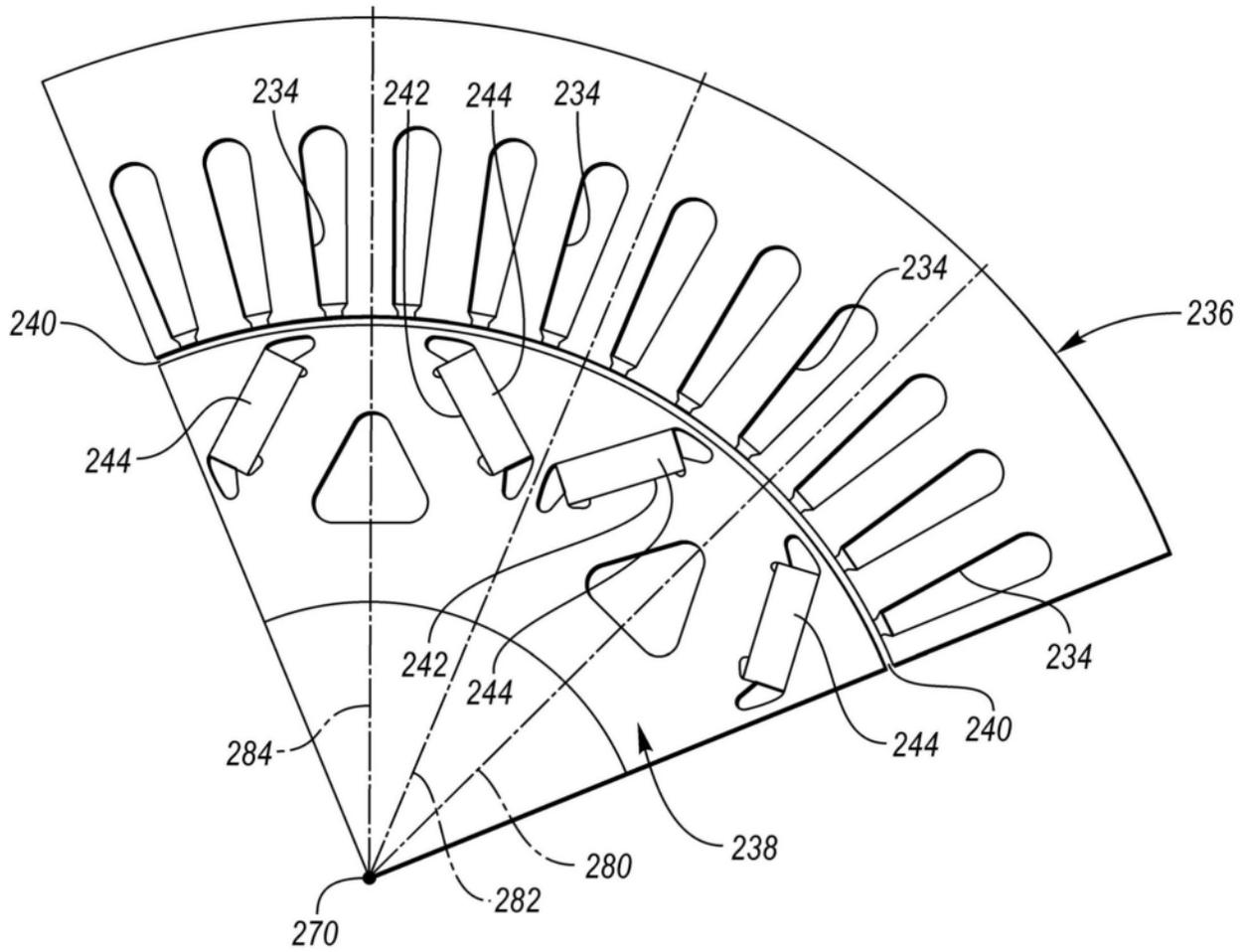


图3

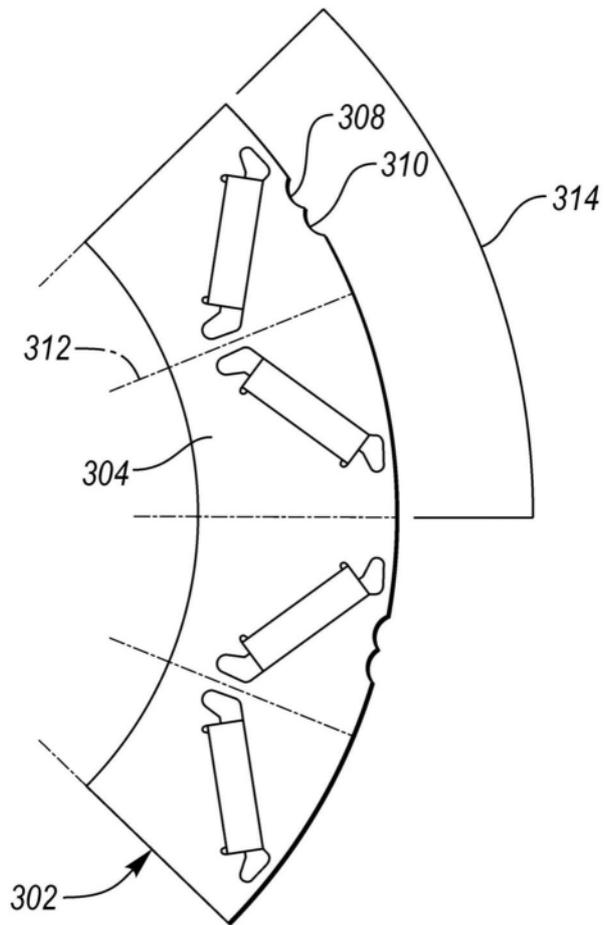


图4A

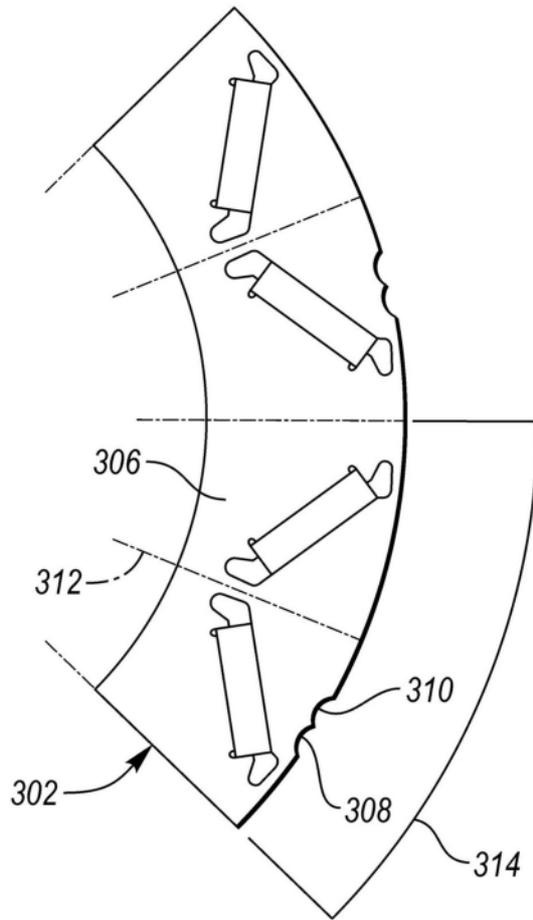


图4B

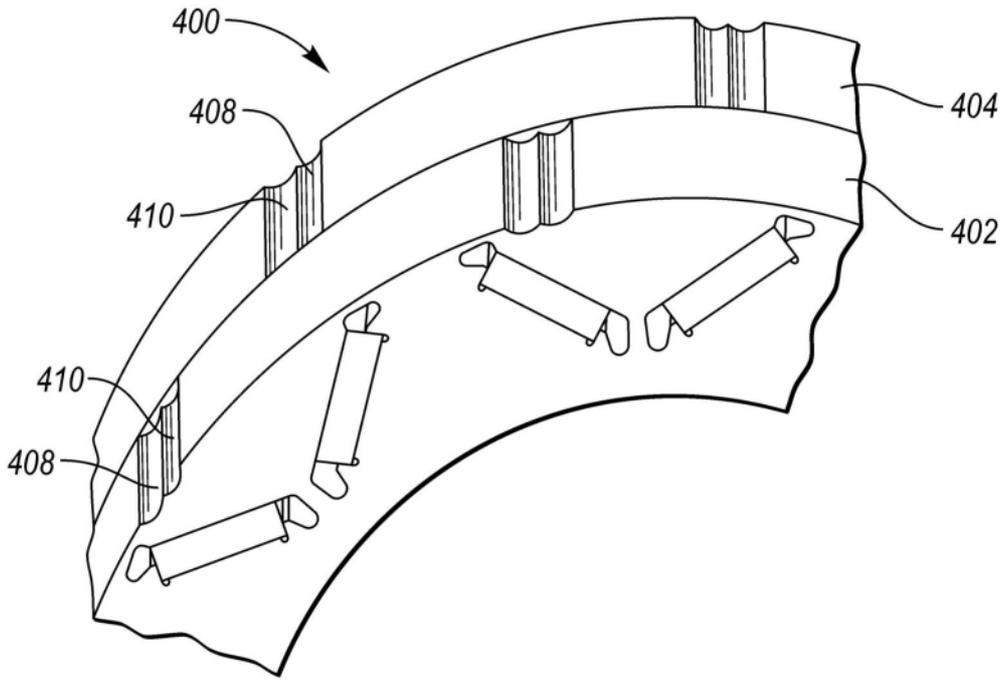


图5

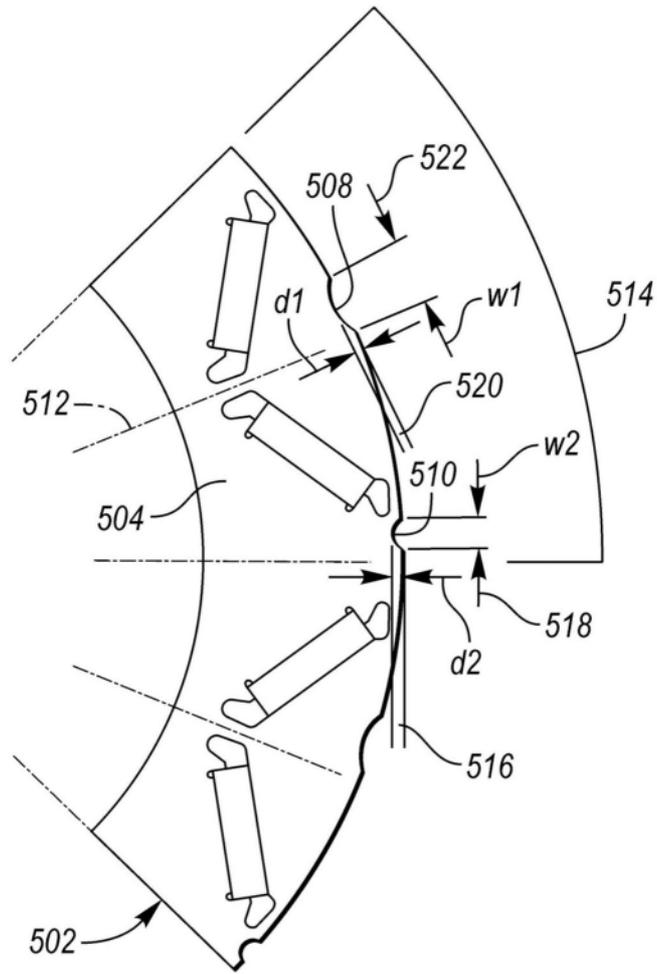


图6A

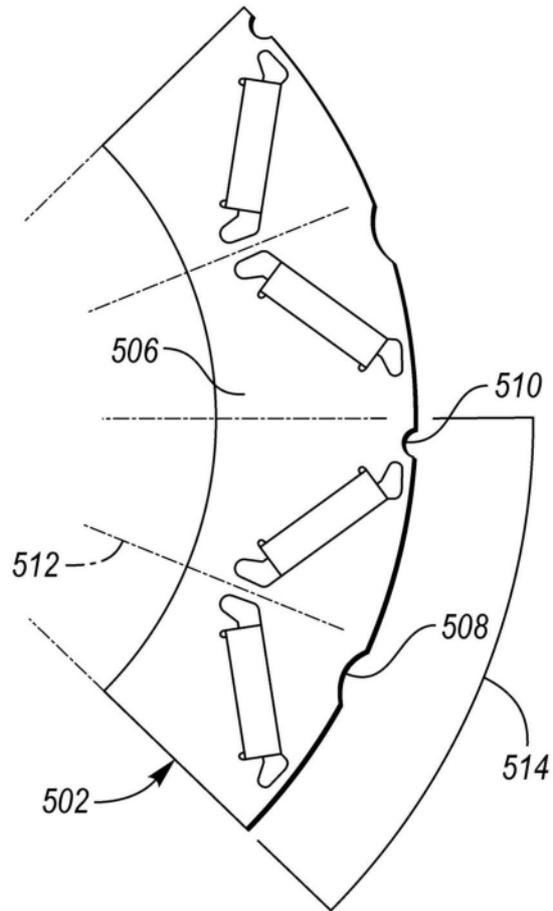


图6B

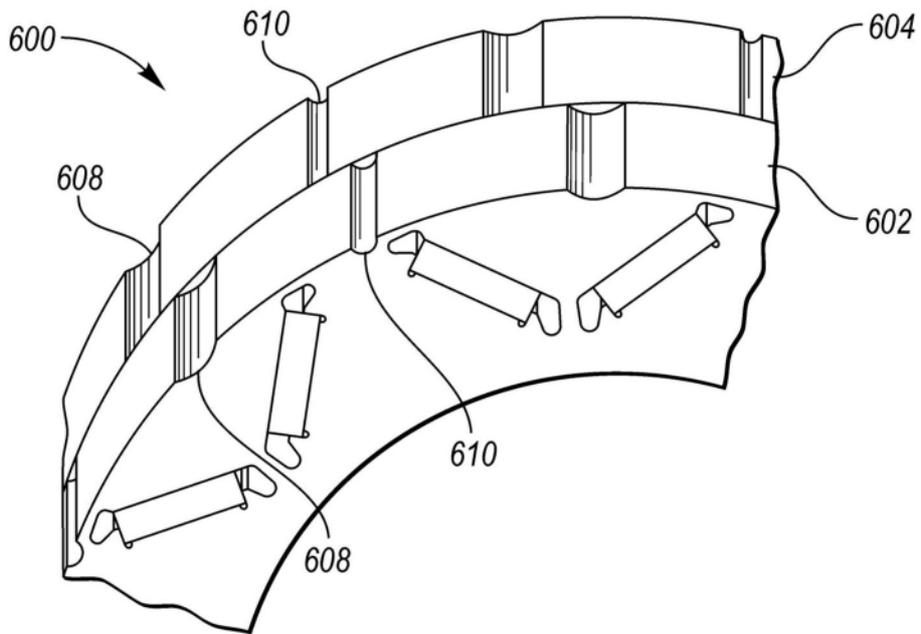


图7

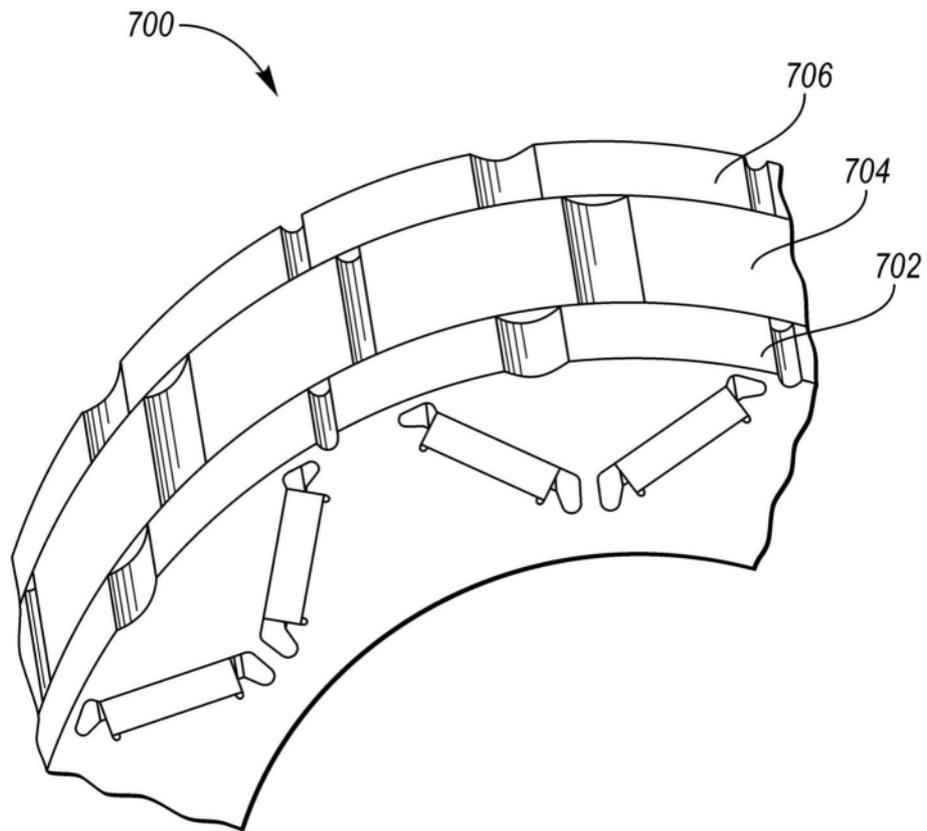


图8