



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109643915 B

(45) 授权公告日 2021.09.03

(21) 申请号 201780053434.X

(22) 申请日 2017.08.29

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 109643915 A

(43) 申请公布日 2019.04.16

(30) 优先权数据
10-2016-0114086 2016.09.05 KR
10-2017-0013935 2017.01.31 KR

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2019.02.28

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/KR2017/009410 2017.08.29

(87) PCT国际申请的公布数据
W02018/044027 KO 2018.03.08

(73) 专利权人 LG伊诺特有限公司
地址 韩国首尔

(72) 发明人 禹承勋 片振秀

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

代理人 唐京桥 杨林森

(51) Int.Cl.
H02K 1/14 (2006.01)
H02K 1/27 (2006.01)
H02K 21/22 (2006.01)
H02K 3/52 (2006.01)
B62D 5/04 (2006.01)

(56) 对比文件
WO 2011149245 A2, 2011.12.01
US 2012025665 A1, 2012.02.02

审查员 张航

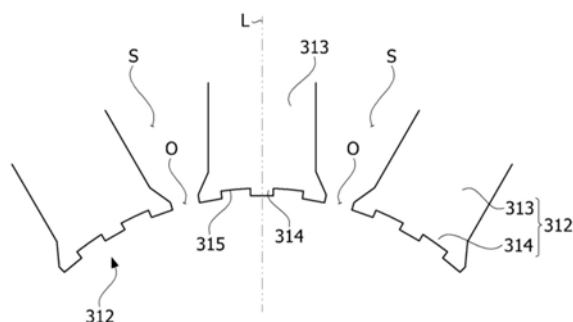
权利要求书1页 说明书10页 附图16页

(54) 发明名称

定子和包括定子的马达

(57) 摘要

实施方式涉及定子和马达,该定子包括:具有齿的定子芯;以及卷绕在齿上的线圈,其中,每个齿包括其周围卷绕有线圈的本体和连接至本体的靴,并且靴包括多个凹槽,并且凹槽在圆周方向上的宽度为齿之间的槽开口的宽度的90%至110%。此外,马达在定子的齿上形成凹槽,增加了主齿槽差,从而提供了使齿槽转矩显著减小的益处。



1. 一种马达, 包括:
旋转轴;
转子, 其包括与所述旋转轴结合的转子芯以及附接至所述转子芯的外周表面的多个磁体; 以及
定子, 其布置在所述转子外侧,
其中, 所述定子包括:
定子芯, 其包括多个齿; 以及
线圈, 其卷绕在所述多个齿中的每个齿上,
其中, 所述多个齿中的每个齿包括其上卷绕有所述线圈的本体和连接至所述本体的靴,
其中, 所述靴包括朝向所述旋转轴形成的两个半圆形凹槽,
其中, 所述靴被布置成面向所述转子的磁体, 在所述靴的内表面与所述磁体的外表面之间形成有气隙,
其中, 这两个凹槽被布置成基于参考线彼此对称, 所述参考线穿过所述靴的基于圆周方向的宽度的中心和所述定子芯的中心,
其中, 所述凹槽的横截面的中心C1被布置成在圆周方向上以一定角度 θ_2 与所述靴的一侧端点P间隔开,
其中, 所述角度 θ_2 为由所述靴的与所述靴的所述端点相邻的端点和旋转轴的中心形成的角度 θ_1 的0.45至0.55倍,
其中, 所述凹槽的半径R为所述靴的内表面与所述磁体的外表面之间的气隙的距离D的0.9至1.1倍, 并且
其中, 由所述本体的侧表面和所述靴的连接至所述本体的所述侧表面的侧表面形成的角度为 145° 至 155° 。
2. 根据权利要求1所述的马达, 其中, 所述角度 θ_2 为所述角度 θ_1 的0.5倍。
3. 根据权利要求1或2所述的马达, 其中, 所述凹槽沿着所述定子芯的轴向被布置。
4. 根据权利要求1或2所述的马达, 其中, 所述凹槽的半径R等于所述靴的内表面与所述磁体的外表面之间的气隙的距离D。
5. 根据权利要求1或2所述的马达, 其中, 单位旋转期间的齿槽转矩波形的频率是所述转子的磁体的数量和所述齿的数量的最小公倍数的三倍。
6. 根据权利要求1所述的马达, 其中, 九个齿形成在所述定子芯的轭部上, 并且六个磁体布置在所述转子的转子芯上。

定子和包括定子的马达

技术领域

[0001] 实施方式涉及定子和包括该定子的马达。

背景技术

[0002] 马达是通过将电能转换成机械能来获得转矩的装置,并且通常用于车辆、家用电器、工业设备等。

[0003] 马达可以包括壳体、旋转轴、布置在壳体的内周表面上的定子、安装在旋转轴的外周表面上的转子等。这里,马达的定子引起与转子的电相互作用并引起转子旋转。

[0004] 特别地,马达可以被用于确保车辆转向稳定性的装置。例如,马达可以被用于使用单独动力的辅助转向系统。

[0005] 尽管先前使用了使用流体压力的辅助转向装置,但是近来已经使用了具有低功率损耗和高准确度的电动助力转向系统(EPS)。

[0006] EPS系统是能够通过确保车辆转弯时的稳定性并提供快速恢复力而使得驾驶员能够安全地驾驶车辆的设备。EPS系统通过根据由车速传感器、转矩角传感器、转矩传感器等感测的驱动条件通过电子控制单元(ECU)驱动马达来控制车辆的转向轴的驱动。

[0007] 马达包括定子和转子。

[0008] 定子可以包括多个齿,多个齿形成多个槽。转子可以包括布置成面向齿的多个磁体。这里,相邻的齿被布置成间隔开并形成槽开口。即,可以形成槽开口以防止磁通量在相邻的齿之间的泄漏。

[0009] 因此,尽管在转子旋转时磁通量移动通过具有高磁导率的齿侧,但是由于槽开口区域中的磁导率的差异,可能发生转矩纹波。

[0010] 因此,当转子旋转时,由于金属材料的定子芯与作为空的空间的槽开口中的空气之间的磁导率的差异,可能发生齿槽转矩。由于齿槽转矩是噪声和振动的原因,因此齿槽转矩的减小对于提高马达的质量更为重要。

发明内容

[0011] 技术问题

[0012] 本发明旨在提供一种能够通过减小齿槽转矩和转矩波纹来提高质量的马达。

[0013] 实施方式的各方面不限于上述方面,并且本领域技术人员从以下描述中可以清楚地理解其他未说明的方面。

[0014] 技术方案

[0015] 本发明的一个方面提供了一种定子,该定子包括:定子芯,其包括多个齿;以及线圈,其卷绕在多个齿中的每个齿上。这里,多个齿中的每个齿包括其上卷绕有线圈的本体和连接至本体的靴。靴包括多个凹槽。另外,凹槽的基于圆周方向的宽度为齿之间形成的槽开口的宽度的90%至110%。

[0016] 由本体的侧表面和靴的连接至本体的该侧表面的侧表面形成的角度可以为 145°

至 155° 。

[0017] 本发明的另一方面提供了一种定子,该定子包括定子芯,其包括多个齿;以及线圈,其卷绕在多个齿中的每个齿上。这里,多个齿中的每个齿包括其上卷绕有线圈的本体和连接至本体的靴。另外,由本体的侧表面和靴的连接至本体的该侧表面的侧表面形成的角度为 145° 至 155° 。

[0018] 本发明的另一方面提供一种定子,其包括:定子芯,其包括多个齿;以及线圈,其卷绕在多个齿中的每个齿上。这里,多个齿中的每个齿包括其上卷绕有线圈的本体和连接至本体的靴。靴包括多个半圆形凹槽。凹槽的横截面的中心C1被布置成在圆周方向上以一定角度 θ_2 与靴的一侧端点P间隔开。另外,角度 θ_2 为由靴的与靴的所述端点相邻的端点和旋转轴的中心形成的角度 θ_1 的0.45至0.55倍。

[0019] 角度 θ_2 可以是角度 θ_1 的0.5倍。

[0020] 凹槽的数量可以为两个,并且两个凹槽可以被布置成基于参考线彼此对称,该参考线穿过靴的基于圆周方向的宽度的中心和定子的中心。

[0021] 凹槽可以沿定子芯的轴向被布置。

[0022] 本发明的另一方面提供一种马达,其包括:旋转轴;转子,其包括其中插入有旋转轴的孔;以及定子,其布置在转子外侧。这里,定子包括:定子芯,其包括多个齿;以及线圈,其卷绕在多个齿中的每个齿上。多个齿中的每个齿包括其上卷绕有线圈的本体和连接至本体的靴。靴包括多个凹槽。另外,凹槽的基于圆周方向的宽度为齿之间形成的槽开口的宽度的90%至110%。

[0023] 由本体的侧表面和靴的连接至本体的侧表面的侧表面形成的角度可以为 145° 至 155° 。

[0024] 本发明的另一方面提供一种马达,其包括:旋转轴;转子,其包括其中插入有旋转轴的孔;以及定子,其布置在转子外侧。这里,定子包括:定子芯,其包括多个齿;以及线圈,其卷绕在多个齿中的每个齿上。多个齿中的每个齿包括其上卷绕有线圈的本体和连接至本体的靴。另外,由本体的侧表面和靴的连接至本体的侧表面的侧表面形成的角度为 145° 至 155° 。

[0025] 单位旋转期间的齿槽转矩波形的频率可以是转子的磁体的数量和齿的数量的最小公倍数的三倍。

[0026] 本发明的另一方面提供一种马达,其包括:旋转轴;转子,其包括其中插入有旋转轴的孔;以及定子,其布置在转子外侧。这里,定子包括:定子芯,其包括多个齿;以及线圈,其卷绕在多个齿中的每个齿上。多个齿中的每个齿包括其上卷绕有线圈的本体和连接至本体的靴。靴包括多个半圆形凹槽。凹槽的横截面的中心C1被布置成在圆周方向上以一定角度 θ_2 与靴的一侧端点P间隔开。另外,角度 θ_2 为由靴的与靴的所述端点相邻的端点和旋转轴的中心形成的角度 θ_1 的0.45至0.55倍。

[0027] 凹槽的半径R可以为定子的靴与转子之间的距离D的0.9至1.1倍。

[0028] 本发明的另一方面提供一种马达,其包括:旋转轴;转子,其包括其中插入有旋转轴的孔;以及定子,其布置在转子外侧。这里,定子包括定子芯,其包括多个齿;以及线圈,其卷绕在多个齿中的每个齿上。多个齿中的每个齿包括其上卷绕有线圈的本体和连接至本体的靴。靴包括多个半圆形凹槽。另外,凹槽的半径R为定子的靴与转子之间的距离D的0.9至

1.1倍。

[0029] 凹槽的半径R可以等于定子的靴与转子之间的距离D。

[0030] 转子可以包括转子芯和布置在转子芯的外周表面上的磁体,并且凹槽的半径R可以等于定子的靴与转子的磁体之间的距离D。

[0031] 有益效果

[0032] 根据实施方式的马达通过使用在定子的齿上形成的凹槽增加主齿槽度来提供了使齿槽转矩大大减小的有利效果。

[0033] 另外,马达可以通过使用具有半圆形形状的凹槽减小齿槽转矩和转矩纹波来提高马达质量。

[0034] 这里,通过基于槽开口限制凹槽的位置并且基于气隙限制凹槽的半径,可以在保持马达性能的同时进一步提高质量。

[0035] 本发明的各种优点和效果不限于以上描述,并且在描述本发明的详细实施方式的过程中将更容易理解。

附图说明

[0036] 图1是示出根据一种实施方式的马达的图;

[0037] 图2是示出定子和转子的图;

[0038] 图3是示出齿的凹槽的图;

[0039] 图4是示出由根据该实施方式的马达增加的主齿槽度的表;

[0040] 图5是示出凹槽的宽度的图;

[0041] 图6是示出齿槽转矩波形根据凹槽的宽度的变化的表;

[0042] 图7是示出齿的自体与靴之间的角度的图;

[0043] 图8是示出齿槽转矩根据齿的自体与靴之间的角度的变化的曲线图;

[0044] 图9是示出齿槽纹波根据齿的自体与靴之间的角度的变化的曲线图;

[0045] 图10是示出齿槽转矩波形根据齿的自体与靴之间的角度的变化的曲线图;

[0046] 图11是沿图1中的线A-A截取的马达的横向截面图;

[0047] 图12是示出根据该实施方式的马达的定子芯与转子之间的布置关系的图;

[0048] 图13是示出图12的区域B1中的定子和转子的图;

[0049] 图14是示出根据该实施方式的马达的齿和凹槽的图;

[0050] 图15是示出根据该实施方式的马达与无凹槽马达的转矩之间的比较的图;

[0051] 图16是示出根据在根据该实施方式的马达中形成的凹槽的半径和气隙的距离的齿槽转矩和转矩纹波的图;

[0052] 图17是示出根据在根据该实施方式的马达中形成的凹槽的半径和气隙的距离的转矩之间的比较的图;

[0053] 图18是示出根据在根据该实施方式的马达中形成的凹槽的中心C1的位置的齿槽转矩和转矩纹波的图;

[0054] 图19是示出根据该实施方式的马达和无凹槽马达的性能的表;

[0055] 图20是示出在室温下根据该实施方式的马达和无凹槽马达的性能的图;

[0056] 图21是示出根据该实施方式的马达和其中形成有方形凹口的马达的性能的表;以

及

[0057] 图22是示出根据该实施方式的马达和其中形成有方形凹口的马达的性能的图。

具体实施方式

[0058] 尽管可以进行本发明的各种修改和若干实施方式,但是将在附图中示出并将描述示例性实施方式。然而,应该理解,本发明不限于示例性实施方式,并且包括在本发明的构思和技术范围内包括的所有变化和等同物或替代物。

[0059] 包括诸如“第二”、“第一”等序数的术语可以用于描述各种部件。然而,部件不受术语的限制。这些术语仅用于将一个部件与另一部件区分开。例如,在不脱离本发明的范围的情况下,第二部件可以被称为第一部件,类似地,第一部件也可以被称为第二部件。术语“和/或”包括相关所列项中的一个或多个的任意组合和所有组合。

[0060] 当陈述一个部件“连接”或“接合”至另一部件时,应该理解,该一个部件可以直接连接或接合至其他部件,但是可以在其之间存在另一部件。另一方面,当描述一个部件“直接连接”或“直接接合”至另一部件时,应该理解,其之间不存在其他部件。

[0061] 虽然描述了实施方式,但是当任何一个部件被描述为在另一部件“上或下”时,这两个部件可以彼此直接接触,或者可以彼此间接接触,在其之间插入有另一部件。此外,基于一个部件,术语“在……上或下”不仅可以包括向上方向,还可以包括向下方向。

[0062] 本文中使用的术语仅用于描述示例性实施方式,并不旨在限制本发明。除非在上下文中另有明确定义,否则单数表达包括复数表达。在整个申请中,应该理解,术语“包括”、“具有”等在本文中用于指定所述特征、数字、步骤、操作、元件、部件或其组合的存在,但不排除存在或添加一个或更多个其他特征、数字、步骤、操作、元件、部件或其组合。

[0063] 除非另外定义,否则本文使用的术语包括技术或科学术语具有与本领域普通技术人员通常理解的术语相同的含义。诸如在常用词典中定义的那些术语应被解释为具有与相关技术的上下文含义相同的含义,并且除非在本文中另外定义,否则不应以理想化或过度形式的含义来解释。

[0064] 在下文中,将参照附图详细描述实施方式。无论附图标记如何,相同或相应的元件将被称为相同的附图标记,并且将省略其重复描述。

[0065] 图1是示出根据一种实施方式的马达的纵向截面图。

[0066] 参照图1,根据该实施方式的马达1可以包括壳体100、支架200、定子300、转子400和旋转轴500。这里,支架200可以被布置成覆盖壳体100的敞开顶部。

[0067] 壳体100和支架200可以形成马达1的外形。这里,壳体100可以具有圆柱形形状,顶部上具有开口。

[0068] 因此,可以通过壳体100和支架200之间的组合在其中形成容纳空间。另外,如图1所示,在容纳空间中,可以布置有定子300、转子400、旋转轴500等。

[0069] 壳体100具有圆柱形形状,使得定子300可以被布置在其内周表面上以被支承。容纳支承旋转轴的底部的轴承10的袋部可以设置在壳体100的底部上。

[0070] 另外,可以在布置在壳体100上方的支架200中设置支承旋转轴500的顶部的袋部。另外,支架200可以包括孔或凹槽,与外部线缆连接连接器被插入该孔或凹槽中。

[0071] 定子300可以由壳体100的内周表面支承。另外,定子300布置在转子400的外侧。

[0072] 定子300引起与转子400的电相互作用并引起转子400旋转。

[0073] 转子400设置在定子300内侧。转子400可以包括转子芯和与转子芯结合的磁体。转子400可以具有以下形式,这些形式根据将转子芯与磁体结合的方法被分类。

[0074] 转子400可以被实施成使得磁体与转子芯的外周表面结合。这种类型的转子可以包括与转子芯结合以防止磁体分离并增加其之间的结合力的附加罐构件20。除此之外,可以将磁体和转子芯双重注入以一体地形成。

[0075] 转子400可以被实施成使得磁体与转子芯的内部结合。这种类型的转子可以在转子芯中包括插入有磁体的袋。

[0076] 同时,转子芯可以通过堆叠多个具有薄钢板形状的板形成。除此之外,转子芯可以被实施成具有一个圆柱形形状以不形成倾斜角,并且磁体可以附接至转子芯以不形成倾斜角。同时,转子芯可以通过堆叠形成倾斜角的多个圆盘(单元芯)来形成。

[0077] 旋转轴500可以与转子400结合。当由于电流供应而在定子300与转子400之间发生电磁相互作用时,转子400旋转,并且与之相关地,旋转轴500旋转。旋转轴500可以连接至车辆的转向轴并且可以将动力传送至转向轴。如图1所示,旋转轴500可以由轴承10支承。

[0078] 感测磁体组件600是与旋转轴500结合以与转子400连接来检测转子400的位置的设备。

[0079] 感测磁体组件600可以包括感测磁体和感测板。感测磁体和感测板可以彼此结合成同轴。

[0080] 感测磁体可以包括:主磁体,其沿圆周方向被布置成与形成内周表面的孔相邻;以及子磁体,其形成在边缘上。主磁体可以被布置成等于插入马达的转子400中的驱动磁体。子磁体相比于主磁体被更多分段并且包括多个磁极。因此,可以更多地对磁体分段,测量旋转角,并且更容易驱动马达。

[0081] 感测板可以形成金属圆板形状。感测磁体可以与感测板的顶表面结合。另外,感测板可以与旋转轴500结合。这里,在感测板中形成有孔,旋转轴500穿过该孔。

[0082] 感测感测磁体的磁力的传感器可以布置在印刷电路板(PCB) 700上。

[0083] 这里,传感器可以是霍尔集成芯片(IC)。传感器感测主磁体或子磁体的N极和S极的变化并生成感测信号。由于在三相无刷马达的情况下获得关于U、V和W相的信息需要至少三个感测信号,所以可以布置至少三个传感器。

[0084] PCB 700可以与支架200的底表面结合并且布置在感测磁体组件600上,使得传感器面向感测磁体。

[0085] 图2是示出定子和转子的图,图3是示出齿的凹槽的图,图4是示出由根据该实施方式的马达增加的主齿槽度的表,图5是示出凹槽的宽度的图,图6是示出齿槽转矩波形根据凹槽的宽度的变化的表,图7是示出齿的齿顶与靴之间的角度的图,图8是示出齿槽转矩根据齿的齿顶与靴之间的角度的变化的曲线图,图9是示出齿槽纹波根据齿的齿顶与靴之间的角度的变化的曲线图,以及图10是示出齿槽转矩波根据齿的齿顶与靴之间的角度的变化的曲线图。

[0086] 参照图2至图10,将描述由布置在定子的齿上的凹槽和靴引起的齿槽转矩和转矩纹波的变化。

[0087] 参照图1和图2,定子300可以包括定子芯310和线圈320。另外,在定子300中,绝缘

体330可以布置在定子芯310与线圈320之间。

[0088] 定子芯310可以通过堆叠多个具有薄钢板形状的板形成。另外,定子芯310可以通过将多个分开的芯彼此结合和连接而形成。

[0089] 定子芯310可以包括轭部311、多个齿312和形成在齿312中的凹槽315。这里,凹槽315可以被成为凹口。

[0090] 朝向中心C突出的齿312可以布置在轭部311上。这里,当在轴向图(C)中观察时,轭部311可以具有环形形状。线圈320卷绕在齿312上。多个齿312可以沿着环形轭部的内周表面以一定间隔被布置。尽管图2中总共示出了十二个齿312,但是本发明不限于此,而是可以根据磁体420的极数进行各种修改。

[0091] 磁体420可以附接至转子芯410的外周表面。齿312的末端被布置成面向磁体420。这里,转子400可以包括转子芯410和布置在转子芯410上的多个这样的磁体420。

[0092] 参照图3,图3示出了图2的区域B,齿312可以包括本体313和靴314。这里,本体313可以被成为线圈卷绕部。另外,靴314可以被成为突出部。

[0093] 本体313是线圈320被卷绕的位置。靴314被布置在本体313的末端。靴314的端面被布置成面向磁体420。相邻的齿312之间的间隙形成为用于卷绕线圈320的空间。这里,卷绕空间S表示槽S。

[0094] 相邻的齿312的靴314被布置成彼此分开,使得形成槽开口0。槽开口0是卷绕空间的入口,用于卷绕线圈320的管嘴插入该入口。

[0095] 靴314的端面可以包括凹槽315。凹槽315可以凹入地形成在靴314的端面上。尽管凹槽315具有有角的形状,但是本发明不限于此。另外,凹槽315可以沿着定子芯310的轴向被布置。换句话说,凹槽315可以沿着定子芯310的高度方向(轴向)从定子芯310的顶端到底端纵向布置。

[0096] 可以布置两个这样的凹槽315。参照图2和图3,两个凹槽315可以被布置成基于参考线L彼此对称,参考线L穿过齿312的宽度的中心和定子芯310的中心C。凹槽315通过执行与槽开口0的功能相对应的功能增加每单位周期的齿槽转矩波形的频率,这引起磁通密度的变化,从而使齿槽转矩大大减小。

[0097] 参照图4,在包括八个极和十二个槽而没有凹槽315的马达的情况下,主齿槽度对应于24,其是作为磁体420的数量的8和作为槽的数量的12的最小公倍数。例如,在包括6个极和9个槽的马达的情况下,主齿槽度对应于18,其是作为磁体的数量的8和作为槽的数量的9的最小公倍数。这里,主齿槽度是指马达的每单位旋转(一圈)的齿槽转矩波形的频率。这里,频率是指形成峰的重复的齿槽转矩波形的数量。另外,槽的数量对应于齿312的数量。

[0098] 在包括8个极和12个槽具有两个凹槽315的马达的情况下,由于槽的数量被认为因凹槽315而从12增加到36,因此主齿槽度从24增加三倍到72。由于如上所述使用两个凹槽315使主齿槽度增加三倍意味着增加齿槽转矩波形的频率,因此可以使齿槽转矩大大减小。

[0099] 参照图5和图6,凹槽315的宽度W1被设置在槽开口0的宽度W2的90%至110%的范围内。这里,凹槽315的宽度W1表示基于定子芯310的圆周方向从凹槽315的入口的一侧端点到另一侧端点的距离。另外,槽开口0的宽度W2表示基于定子芯310的圆周方向从槽开口0的入口的一侧端点到另一侧端点的距离。

[0100] 如图6(a)所示,当凹槽315的宽度W1偏离槽开口0的宽度W2的90%至110%的范围

时,出现以下问题:定子的分量即作为与磁体420的极数相同的主齿槽度被包括在齿槽转矩波形中。

[0101] 然而,如图6(b)所示,可以看出,当凹槽315的宽度W1在槽开口0的宽度W2的90%至110%的范围内时,仅检测到对应于72的主齿槽度的齿槽转矩波形。

[0102] 参照图7,由齿312的本体313和靴314形成的角度 θ 可以为 145° 至 155° 。详细地,由本体313的侧表面313a和靴314的连接至本体313的侧表面313a的侧表面314a形成的角度 θ 可以为 145° 至 155° 。

[0103] 参照图8,可以看出,当由本体313和靴314形成的角度 θ 在从 145° 至 155° 的范围内时,齿槽转矩大大减小。同时,参照图9,可以看出,当由本体313和靴314形成的角度 θ 在从 145° 至 155° 的范围内时,转矩纹波较小,并且当角度 θ 偏离从 145° 至 155° 的范围时,转矩纹波大大增加。特别地,可以看出,当角度 θ 大于 155° 时,转矩纹波迅速增大。

[0104] 参照图10,可以查看到,齿槽转矩波形的振幅随着由靴314的侧表面314a形成的角度 θ 从 145° 向 155° 进一步行进而逐渐减小。

[0105] 图11是沿图1中的线A-A截取的马达的横向截面图,图12是示出根据该实施方式的马达的定子芯与转子之间的布置关系的图,图13是示出图12的区域B1中的定子和转子的图,图14是示出根据该实施方式的马达的齿和凹槽的图,图15是示出根据该实施方式的马达与无凹槽马达的转矩之间的比较的图,图16是示出根据在根据该实施方式的马达中形成的凹槽的半径和气隙的距离的齿槽转矩和转矩纹波的图,图17是示出根据在根据该实施方式的马达中形成的凹槽的半径和气隙的距离的转矩之间的比较的图,图18是示出根据在根据该实施方式的马达中形成的凹槽的中心C1的位置的齿槽转矩和转矩纹波的图,图19是示出根据该实施方式的马达和无凹槽马达的性能的表,图20是示出在室温下根据该实施方式的马达和无凹槽马达的性能的图,图21是示出根据该实施方式的马达和其中形成有方形凹口的马达的性能的表,并且图22是示出根据该实施方式的马达和其中形成有方形凹口的马达的性能的图。

[0106] 参照图11至图22,将描述由气隙和布置在定子的齿上的凹槽引起的转矩、齿槽转矩和转矩纹波的变化。

[0107] 参照图11,马达1的定子300可以包括定子芯310、线圈320和绝缘体330。另外,定子芯310可以包括轭部311、多个齿312和形成在齿312中的凹槽315。这里,可以在轭部311上形成九个齿312。另外,对应于齿312,可以在转子芯410上布置六个磁体420。

[0108] 另外,齿312中的每个齿可以包括:本体313,其上卷绕有线圈320;以及靴314,其形成为从本体313延伸。

[0109] 轭部311可以具有圆柱形形状。

[0110] 多个齿312可以布置成从轭部311朝向中心C突出。

[0111] 如图12所示,齿312可以沿着轭部311的内周表面以一定间隔布置以朝向中心C突出。这里,多个齿312可以被布置在轭部311的内周表面上来以一定间隔间隔开。

[0112] 因此,卷绕有线圈320的空间可以形成在被布置成彼此相邻的一个齿312和另一齿312之间。这里,该空间表示槽S。

[0113] 另外,由于靴314被布置成间隔开,所以可以形成槽S的开口部分。这里,开口部分表示槽开口0。

[0114] 因此,槽开口0表示任一个靴314的端点P和与其相邻的另一个靴314的端点P之间的空间,并且槽开口0基于旋转轴500的中心C形成一定的角度 θ_1 。这里,基于旋转轴500的中心C,角度 θ_1 可以是四度。

[0115] 如图13所示,角度 θ_1 是指槽开口0的宽度W2,宽度W2是指槽开口0的一侧与另一侧之间的距离。

[0116] 线圈320可以卷绕在本体313上。这里,绝缘体330可以布置在本体313上。绝缘体330使本体313与线圈320绝缘。

[0117] 另外,本体313可以被布置成从轭部311朝向中心C突出。

[0118] 靴314可以形成为从本体313的端部延伸。另外,靴314可以被布置成面向磁体420。

[0119] 另外,多个凹槽315可以被布置在靴314上。当在轴向图中观察时,凹槽315可以具有半圆形形状。如图12所示,靴314可以被布置成面向磁体420,同时与磁体420间隔开一定间隔。因此,可以在靴314的内表面和磁体420的外表面之间形成气隙G。

[0120] 这里,气隙G可以表示靴314和转子400之间的距离。优选地,气隙G可以表示靴314和磁体420之间的距离。这里,基于中心C,内侧可以表示被布置成面向中心C的方向,并且外侧可以表示与内侧相反的方向。

[0121] 两个凹槽315可以在靴314上。这里,两个凹槽315可以被布置成基于参考线L彼此对称,参考线L穿过靴314的宽度的中心和定子芯310的中心C。

[0122] 凹槽315通过执行与引起磁通密度变化的槽开口0对应的功能来执行减小静磁能的变化(改变)的功能。因此,通过增加每单位周期的齿槽转矩波形的频率,凹槽315使齿槽转矩大大减小。

[0123] 图15是示出根据该实施方式的马达与无凹槽马达的转矩之间的比较的图。图15(a)示出了无凹槽马达的脉动,以及图15(b)示出了根据该实施方式的马达的脉动。

[0124] 参照图15,由于相对于齿槽转矩和转矩纹波的转矩脉动(重复的转矩波形)可以被计算为极(磁体)的数量和槽的数量的最小公倍数,因此在如图15(a)所示的包括6个极和9个槽而没有凹槽315的马达的情况下,作为最小公倍数的18对应于脉动。这里,脉动可以表示形成峰的重复波形的数量。

[0125] 另外,在如图15(b)所示的根据该实施方式的马达1的情况下,由于在靴314中的每个上形成有两个凹槽315,因此作为6个极和27个槽的最小公倍数的54可以对应于脉动。

[0126] 因此,由于脉动的频率增加三倍,因此马达1可以使齿槽转矩大大减小。

[0127] 同时,凹槽315可以朝向旋转轴500来形成。如图14所示,凹槽315可以沿着高度方向(轴向)从定子芯310的顶端到底端纵向布置。这里,凹槽315可以具有半圆柱形状。

[0128] 因此,如图12和图13所示,凹槽315的横截面可以具有半圆形形状。因此,凹槽315可以形成为基于凹槽315的中心C1具有一定的半径R。

[0129] 因此,由于磁路的长度在横向(径向)上相等,所以半圆形凹槽315有利于使齿槽转矩减小。这里,横向可以垂直于轴向。

[0130] 图16是示出根据在根据该实施方式的马达中形成的凹槽的半径和气隙的距离的齿槽转矩和转矩纹波的图。图16(a)是示出根据凹槽的半径和气隙的距离的齿槽转矩的图,以及图16(b)是示出根据凹槽的半径和气隙的距离的转矩纹波的图。

[0131] 图17是示出根据在根据该实施方式的马达中形成的凹槽的半径和气隙的距离的

转矩之间的比较的图。图17 (a) 是示出当凹槽的半径与气隙的距离不同时的马达的转矩的图,以及图17 (b) 是示出当凹槽的半径与气隙的距离相同时的马达的转矩的图。

[0132] 同时,凹槽315的半径R可以形成为对应于气隙G的距离D。这里,气隙G的距离D可以是靴314与磁体420的宽度的中心之间的距离。

[0133] 同时,凹槽315的半径R可以形成为在与气隙G的距离D成0.9至1.1比例的范围。即,凹槽315的半径R可以在气隙G的距离D的 $\pm 10\%$ 的范围内确定。优选地,凹槽315的半径R可以形成为等于气隙G的距离D。

[0134] 如图16 (a) 所示,当凹槽315的半径R为0.45mm时,齿槽转矩迅速减小,并且当凹槽315的半径R为等于气隙G的距离D的0.5mm时,齿槽转矩位于最低位置。然后,可以看出凹槽315的半径R增加至0.55mm。

[0135] 即,当凹槽315的半径R与气隙G的距离D成0.9比例时,齿槽转矩迅速减小,并且当凹槽315的半径R等于气隙G的距离D时,齿槽转矩位于最低位置。然后,可以看出凹槽315的半径R增加至与气隙G的距离D成1.1比例。

[0136] 因此,当凹槽315的半径R等于气隙G的距离D时,齿槽转矩具有最低值。

[0137] 如图16 (b) 所示,可以看出,当凹槽315的半径R为0.45mm至0.55mm时,转矩纹波保持低值。即,可以看出,当凹槽315的半径R为0.4mm时,转矩纹波迅速减小,并且当凹槽315的半径R为0.45mm至0.55mm时,转矩纹波平稳地保持。

[0138] 这里,当凹槽315的半径等于气隙G的距离D时,转矩纹波位于最低位置。即,当凹槽315的半径R为等于气隙G的距离D的0.5mm时,齿槽纹波具有最低值。

[0139] 因此,可以看出,当凹槽315的半径R与气隙G的距离D成0.9至1.1比例时,转矩纹波保持低值。即,可以看出,当凹槽315的半径R与气隙G的距离D成0.8比例时,转矩纹波快速减小,并且当凹槽315的半径R与气隙G的距离D成0.9至1.1比例时,转矩纹波平稳地保持。

[0140] 因此,当凹槽315的半径R等于气隙G的距离D时,转矩纹波具有最低值。

[0141] 参照图17,可以看出,与凹槽315的半径R不同于气隙G的距离D的情况相比,当凹槽315的半径R等于气隙G的距离D时,马达1的转矩提高了22%。

[0142] 即,通过将凹槽315的半径R设计为等于气隙G的距离D,可以使齿槽转矩减小。

[0143] 同时,参照图12和图13,凹槽315的中心C1可以被布置成在圆周方向上以一定角度 θ_2 与靴314的一侧端点P间隔开。这里,角度 θ_2 表示靴314的一侧端点P与凹槽315的中心C1之间的距离。另外,角度 θ_2 指的是凹槽315的中心C1相对于槽开口O的角度 θ_1 的位置。这里,为清楚起见,角度 θ_2 可以被称为第二角度 θ_2 ,并且角度 θ_1 可以被称为第一角度 θ_1 。

[0144] 第二角度 θ_2 可以被形成为在与第一角度 θ_1 成0.45至0.55比例的范围。例如,当第一角度 θ_1 为4度时,第二角度 θ_2 可以被形成为在1.8度至2.2度的范围内。优选地,第二角度 θ_2 可以被形成为2.0度。

[0145] 因此,凹槽315的中心C1可以被形成为相对于一侧端点P与第一角度 θ_1 成0.45至0.55比例。优选地,凹槽315的中心C1可以被形成为相对于靴314的一侧端点P与第一角度 θ_1 成0.5比例。

[0146] 图18是示出根据该实施方式的马达中形成的凹槽的中心C1的位置的齿槽转矩和转矩纹波的图。这里,凹槽315的数量为2,凹槽315的半径R和气隙G的距离D同为0.5mm,并且槽开口O的第一角度 θ_1 为4度。

[0147] 如图18(a)所示,当凹槽315的中心C1的位置相对于靴314的一侧端点P位于2.0度的角度处时,齿槽转矩在拐点处增加。

[0148] 因此,当凹槽315的中心C1的位置相对于靴314的一侧端点P存在于1.8度至2.2度的范围内时,马达1可以执行有效的性能。优选地,当凹槽的中心C1的位置相对于靴314的一侧端点P位于2.0度处时,齿槽转矩具有最低值,使得马达1可以执行最佳性能。

[0149] 如图18(b)所示,当凹槽315的中心C1的位置相对于靴314的一侧端点P位于1.8度至2.5度的范围内时,转矩纹波值保持在约100mNm。

[0150] 因此,考虑到马达1的齿槽转矩和转矩纹波,可以查看到相对于靴314的一侧端点P位于1.8度至2.2度处的凹槽315的中心C1的范围作为最佳范围。特别地,当凹槽315的中心C1的位置相对于靴314的一侧端点P位于2.0度处时,齿槽转矩具有最低值,使得马达1可以执行最佳性能。

[0151] 在下文中,参照图19至图22,将描述马达1的性能。

[0152] 参照图19和图20,可以看出,与无凹槽马达相比,当如在马达1中那样包括凹槽315时,齿槽转矩减小79%并且转矩纹波减小39.7%。另外,可以看出,齿槽转矩和转矩纹波之外的值的改变是微小的。

[0153] 因此,在马达1的情况下,与无凹槽马达相比,可以通过减小齿槽转矩和转矩纹波来提高质量,同时性能与无凹槽马达的性能没有不同。

[0154] 参照图21和图22,可以看出,与具有方形凹口的马达相比,当如在马达1中那样包括上述半圆形凹槽315时,齿槽转矩减小67.4%并且转矩纹波增加2.5%。另外,可以看出,齿槽转矩和转矩纹波之外的值的改变是微小的。

[0155] 这里,方形凹口在一边的长度与对角线的长度之间具有差异。特别地,基于方形凹口的中心,边在半径方向(径向)上的长度与对角线之间存在差异。

[0156] 即,由于方形凹口在磁路的方向长度上具有差异,所以马达1的半圆形凹槽315在齿槽转矩方面更有效。

[0157] 因此,在马达1的情况下,与具有方形凹口的马达相比,通过减小齿槽转矩可以提高质量,同时性能与无凹槽马达的性能没有不同。

[0158] 尽管上面已经描述了本发明的示例性实施方式,但是本领域普通技术人员应该理解,在不脱离在以下权利要求中限定的本发明的构思和范围的情况下,可以进行各种修改和各种改变。另外,与修改和应用相关的差异将被解释为包括在由所附权利要求限定的本发明的范围内。

[0159] <附图标记的描述>

[0160] 1:马达,10:轴承,100:壳体,200:支架,300:定子,310:定子芯,311:轭部,312:齿,313:本体,314:靴,315:凹槽,320:线圈,400:转子,410:转子芯,420:磁体,500:旋转轴,600:感测磁体组件,700:PCB。

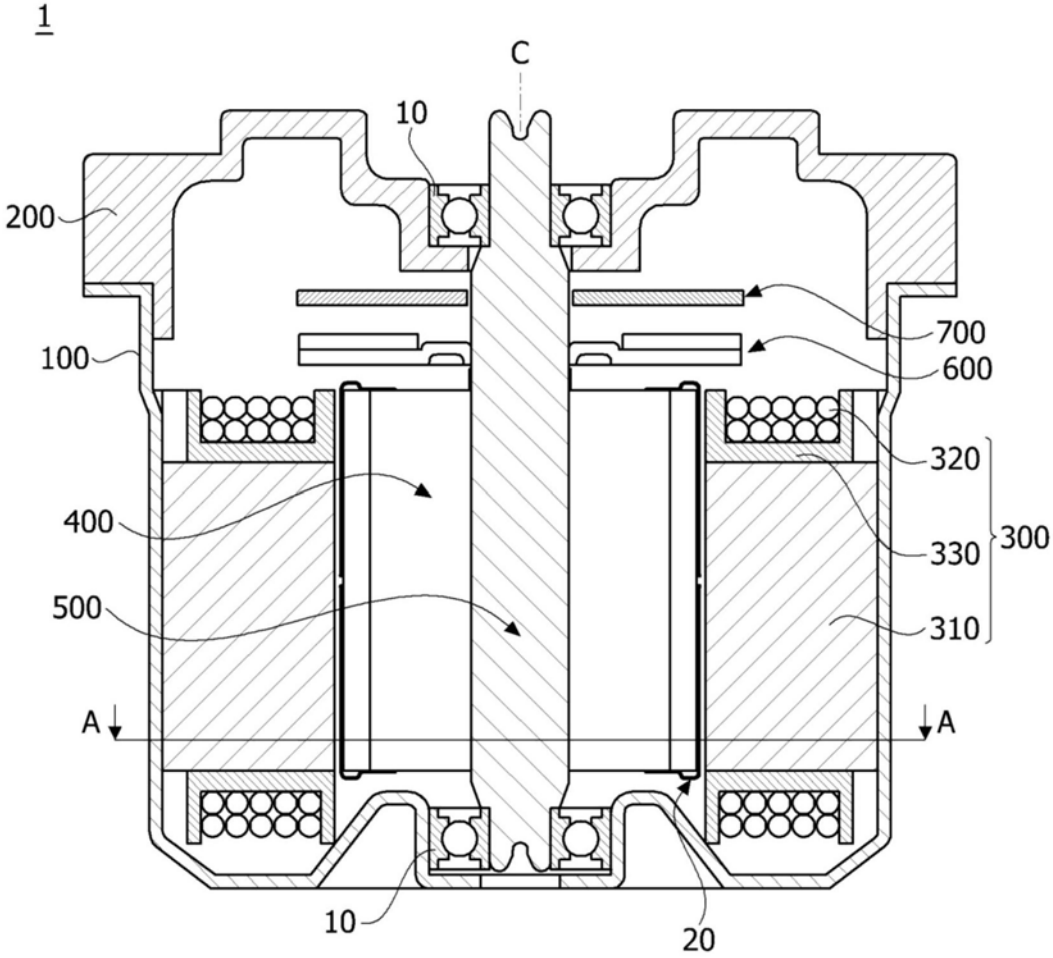


图1

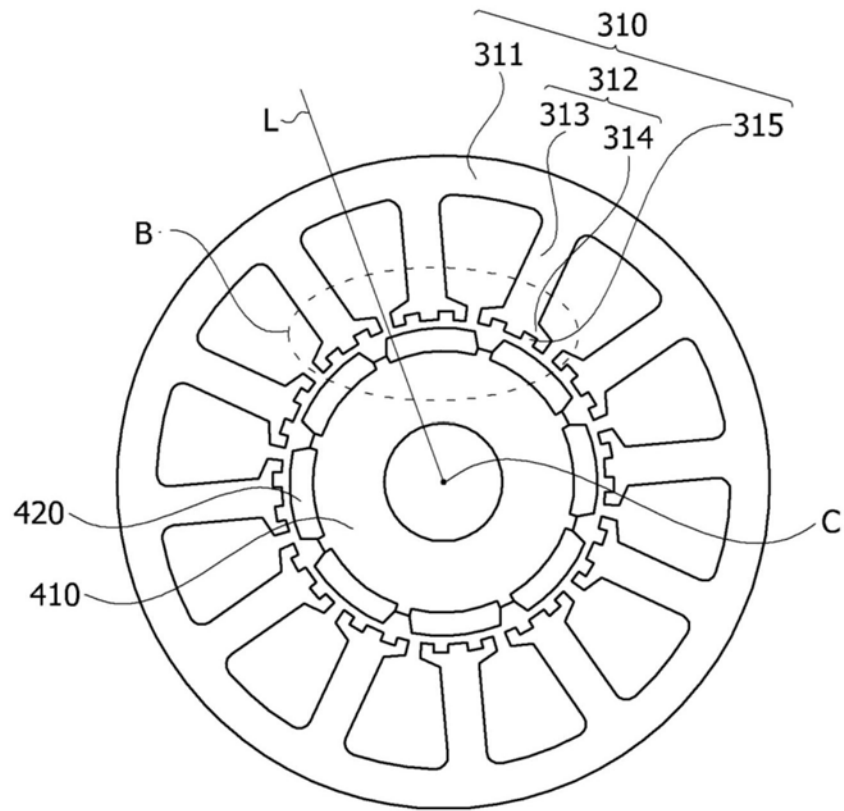


图2

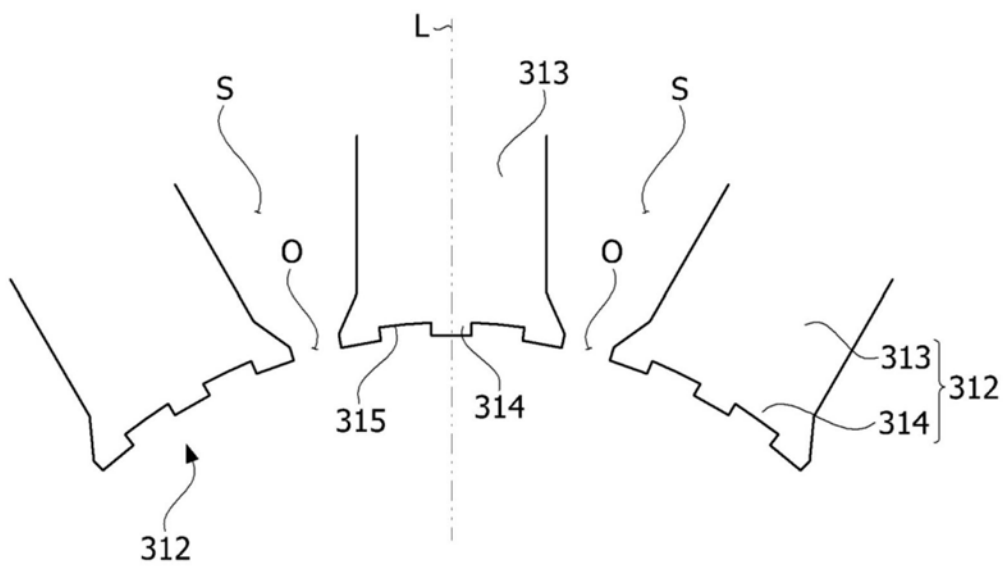


图3

极的数量	槽的数量	主齿槽度
8	12	24

↓

极的数量	槽的数量 (两个凹槽)	主齿槽度
8	12	72

图4

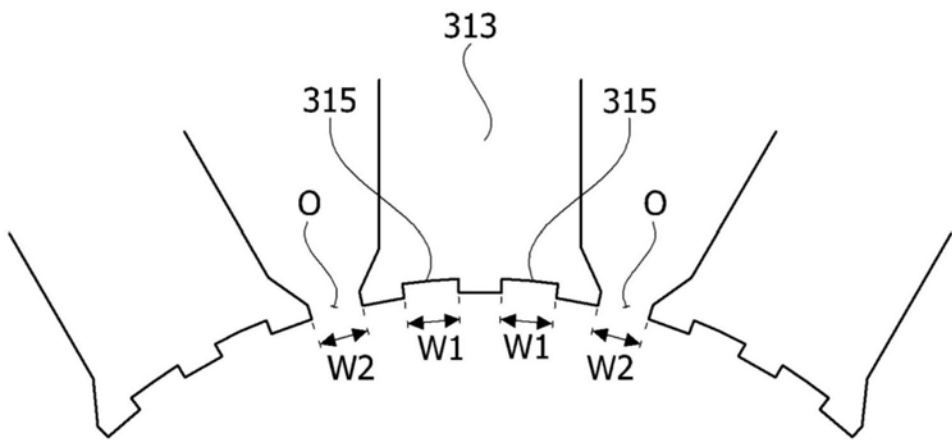


图5

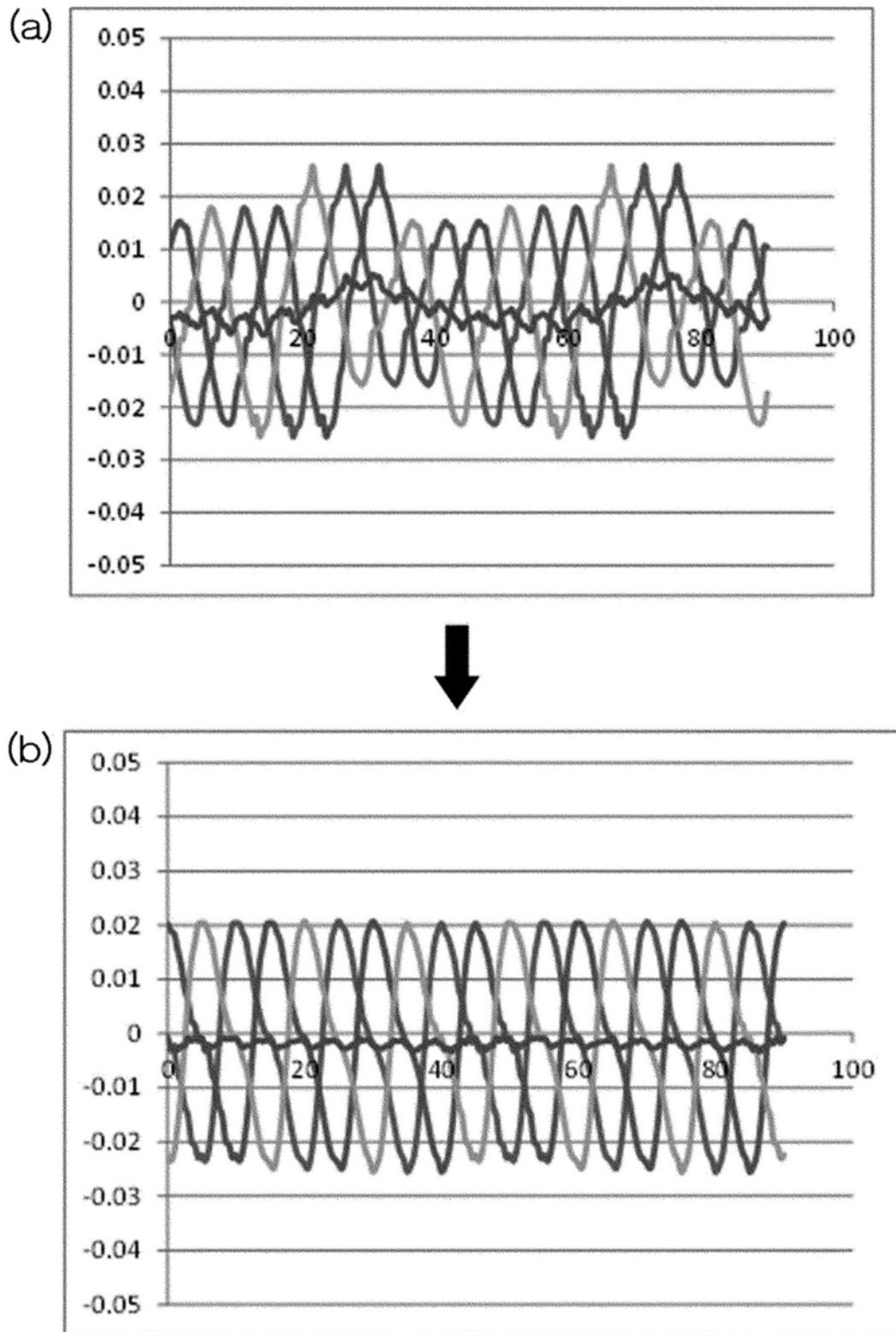


图6

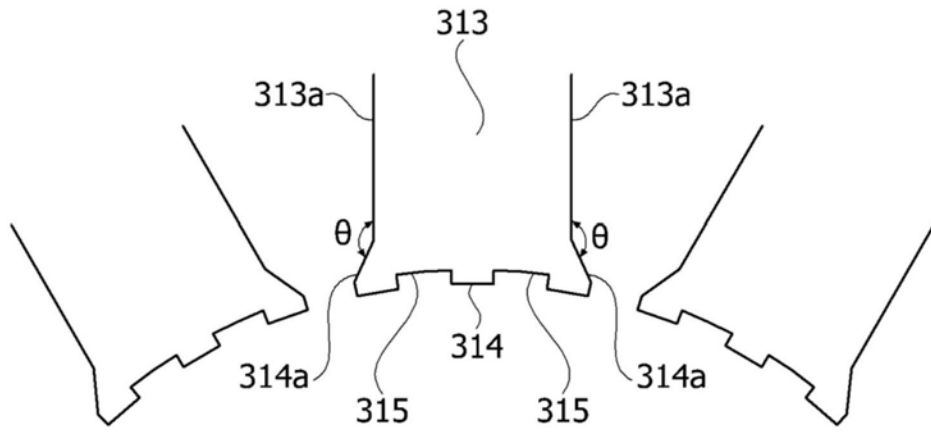


图7

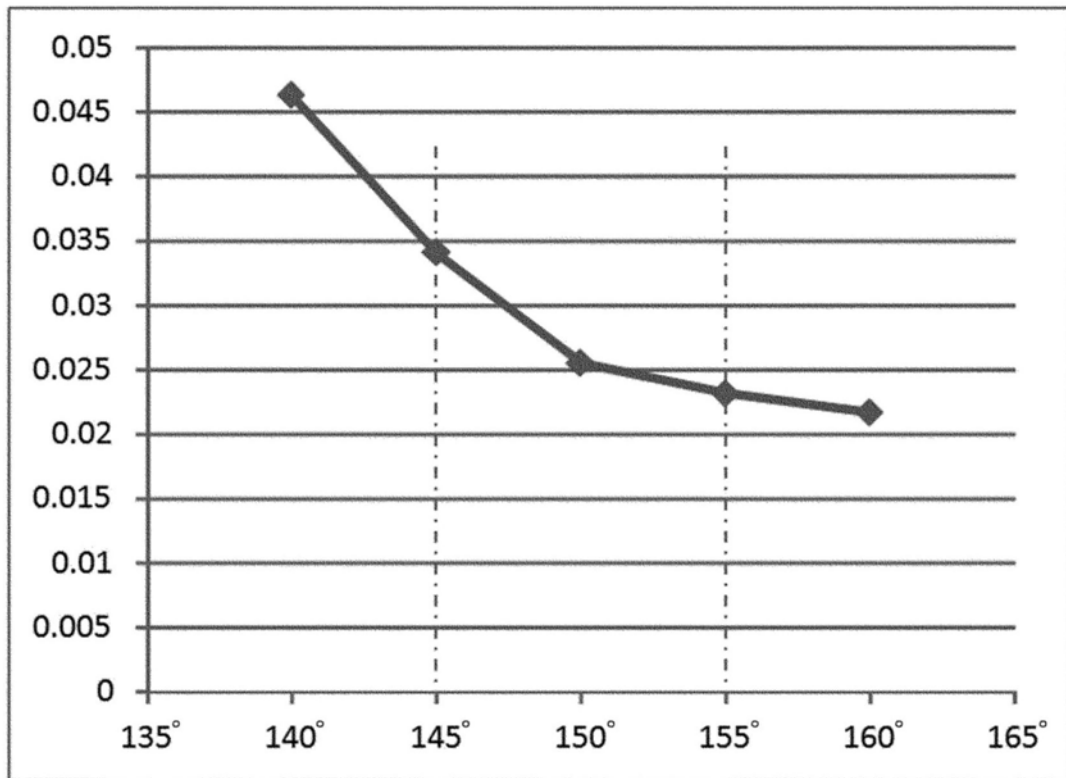


图8

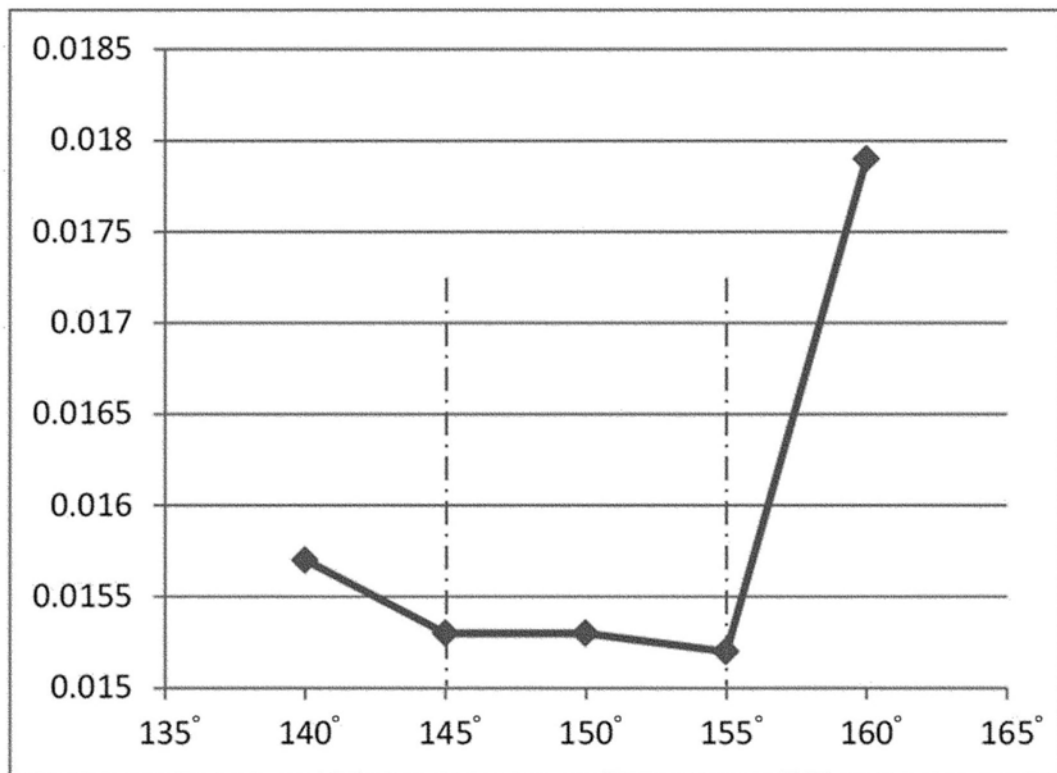


图9

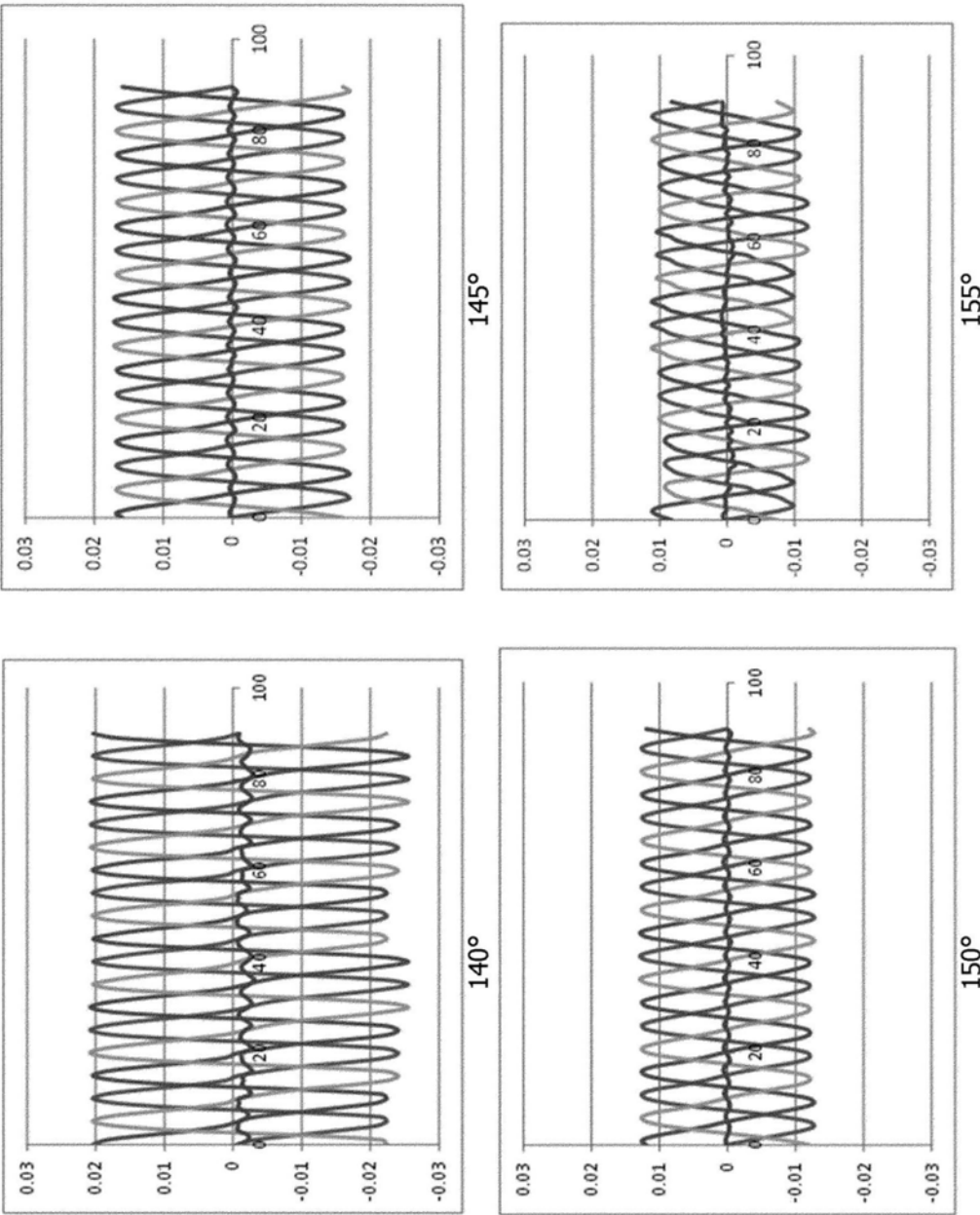


图10

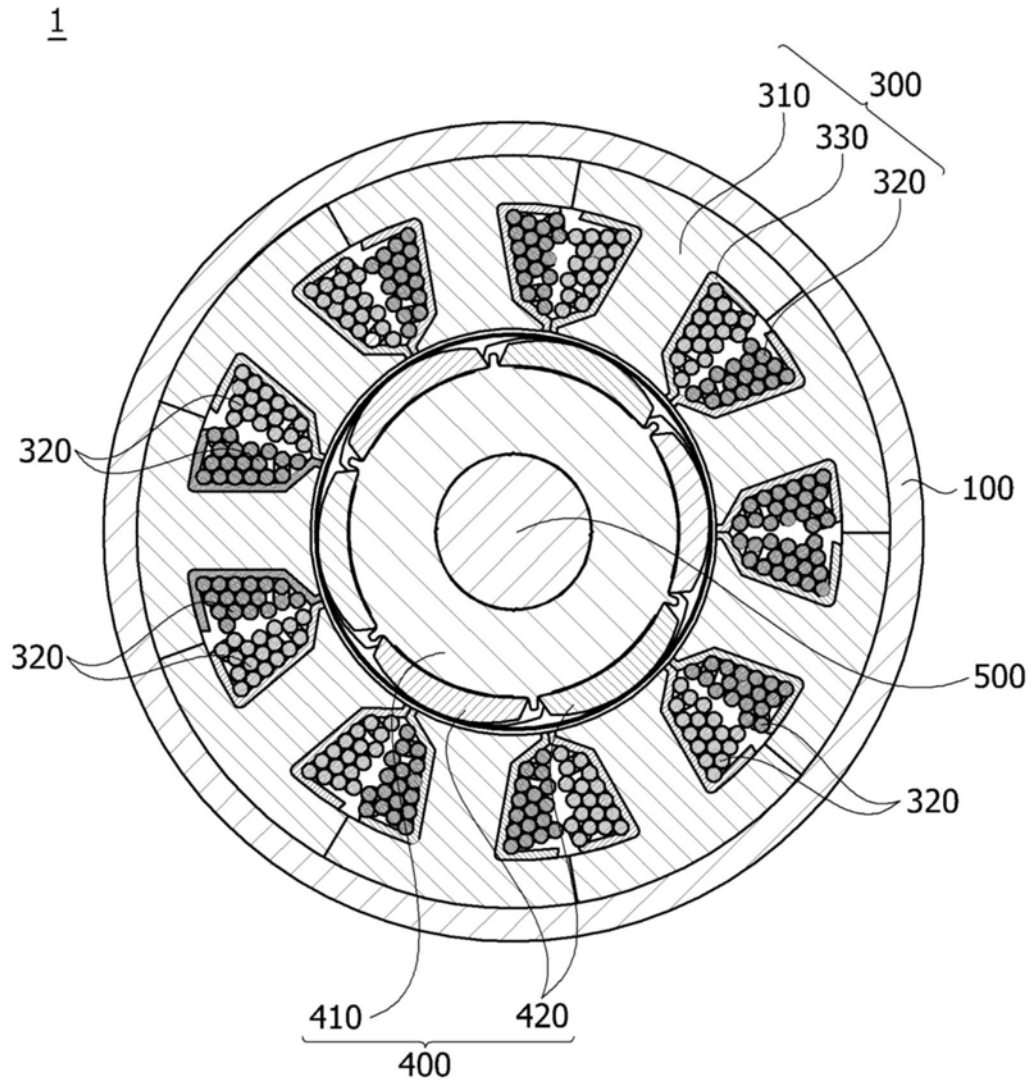


图11

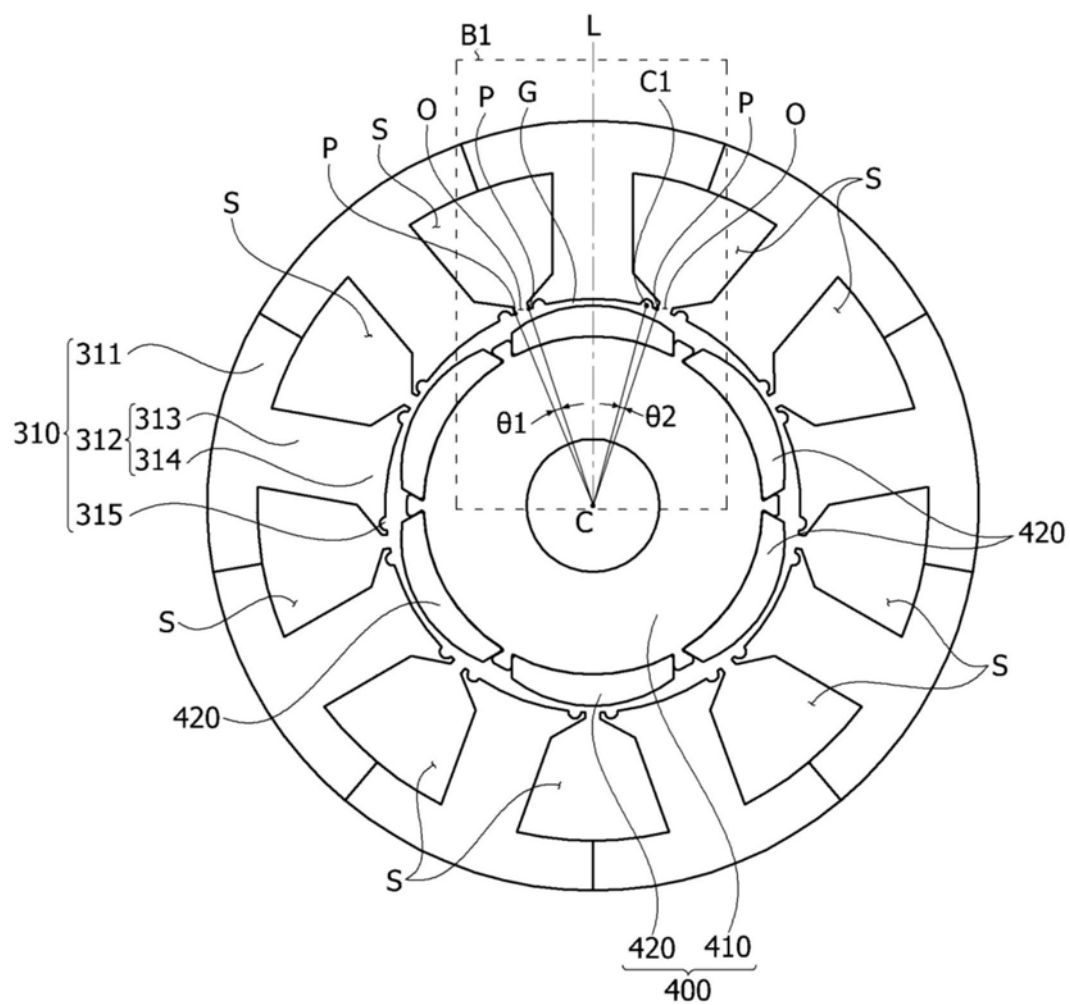


图12

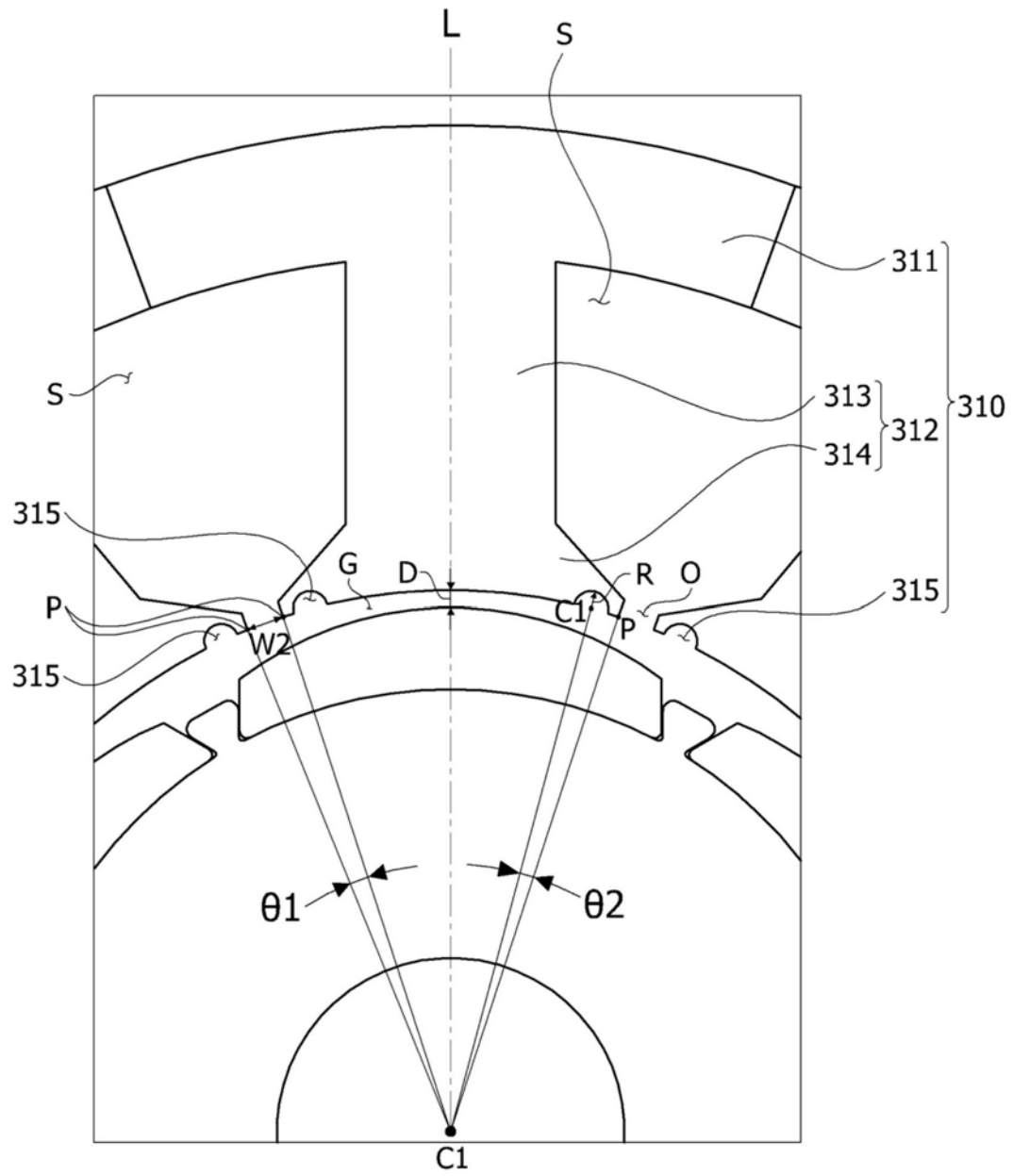


图13

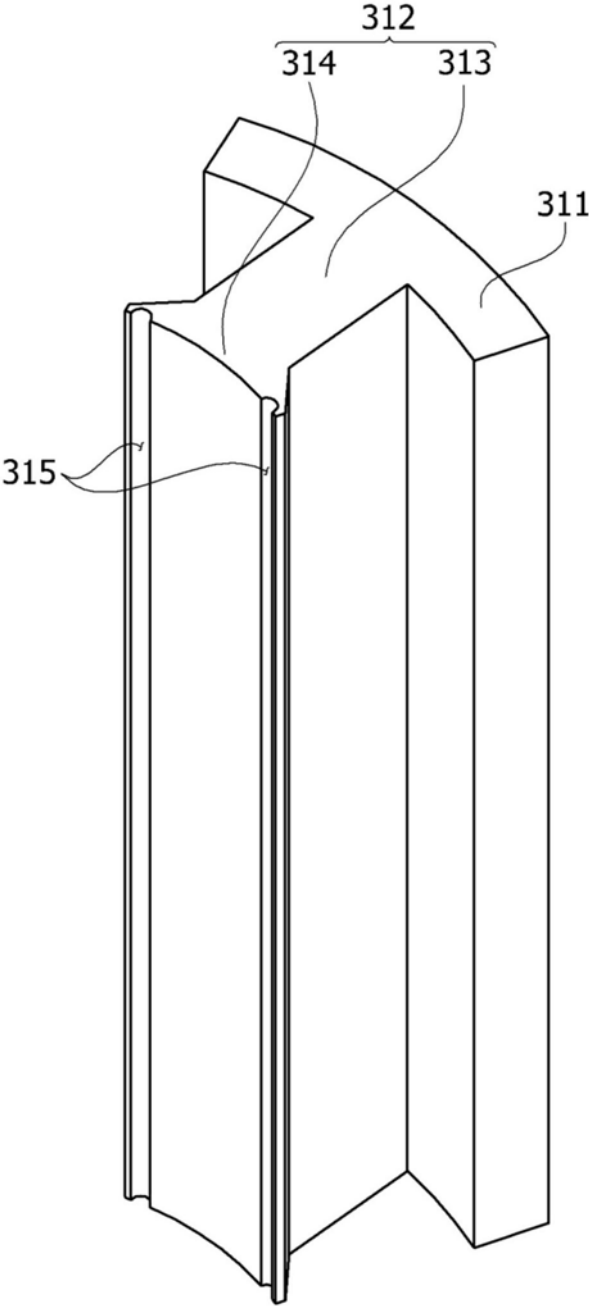


图14

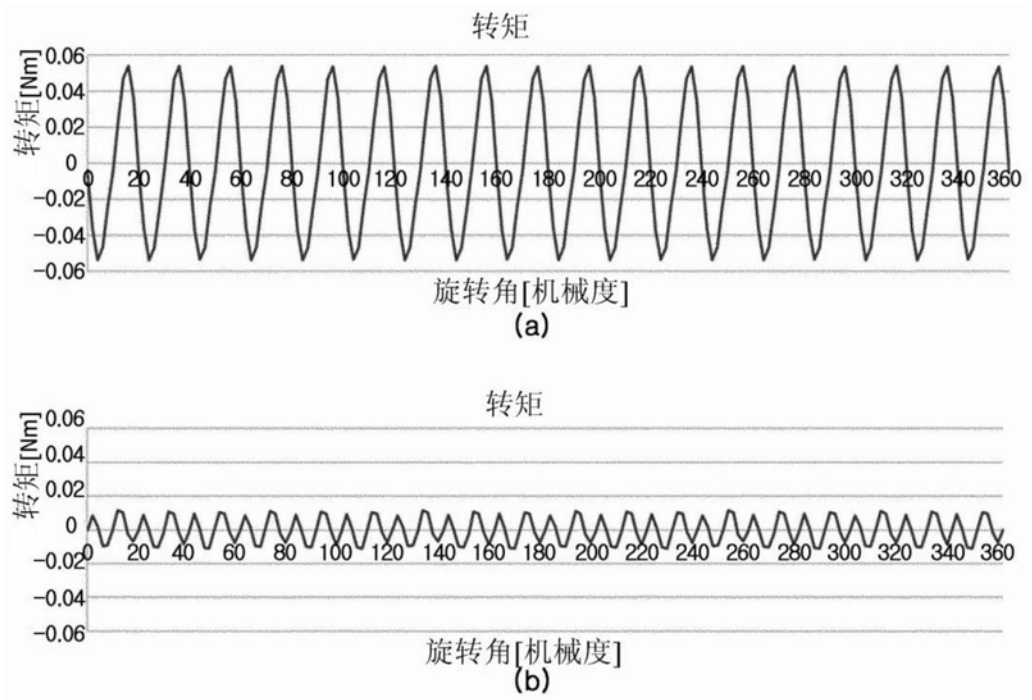


图15

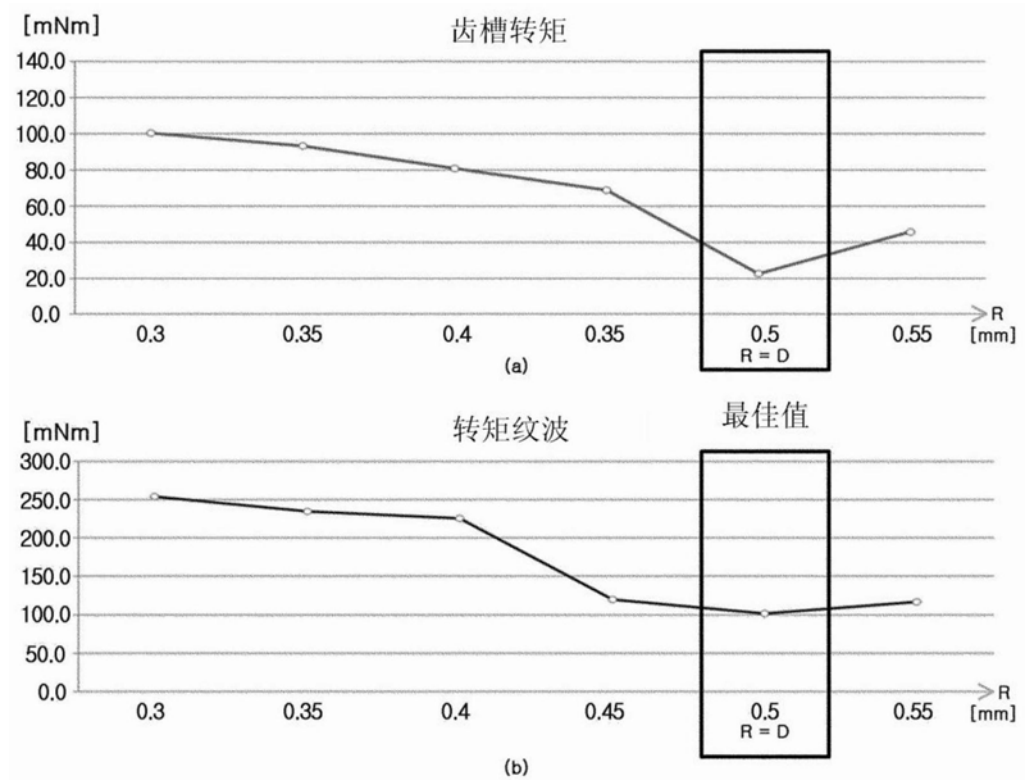
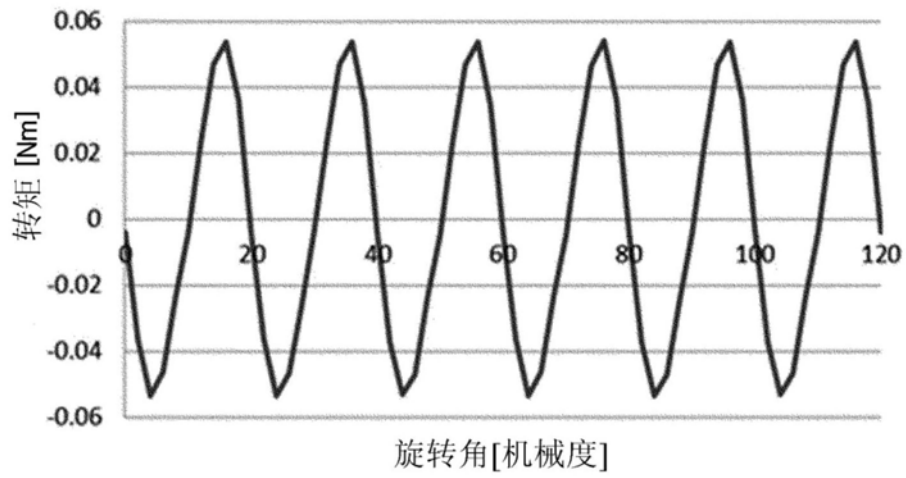


图16

$R \neq D$

转矩



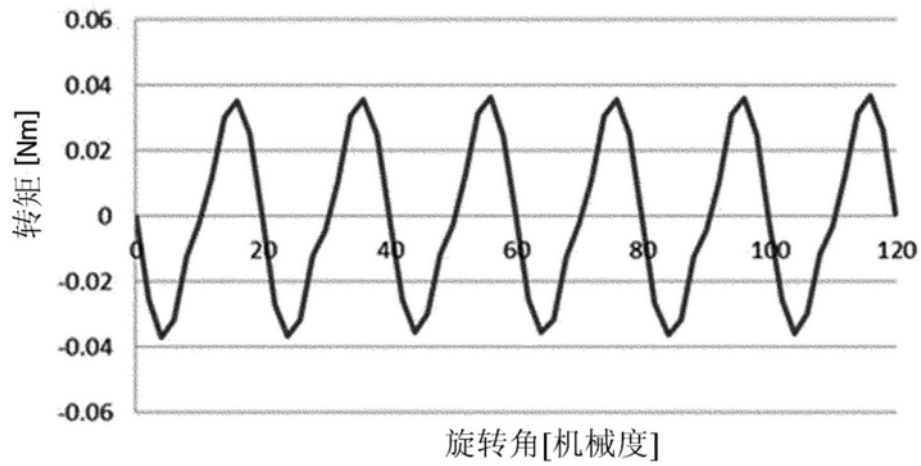
(a)



22% 提高

 $R = D$

转矩



(b)

图17

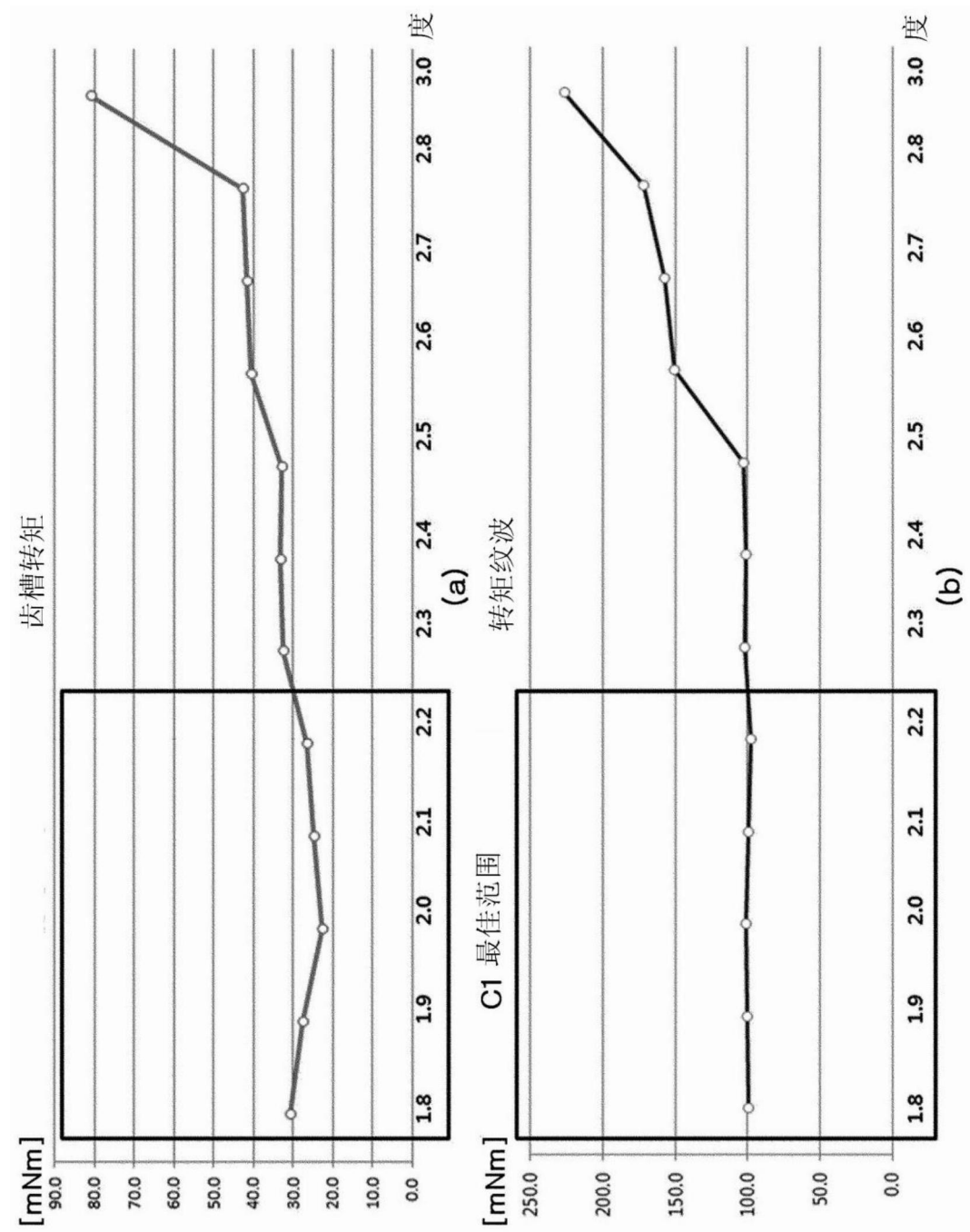


图18

	齿槽转矩 (mNm)	反电动势 (Vs/rad)	转矩 (Nm)	转矩纹波 (mNm)	基础速度 (rpm)
① 凹槽 X	107.7	0.0480	2.89	168.5	1586
② 凹槽 O	22.6	0.0472	2.87	101.6	1526
比例[%]	79.0 ↓	1.7 ↓	0.7 ↓	39.7 ↓	3.8 ↓

图19

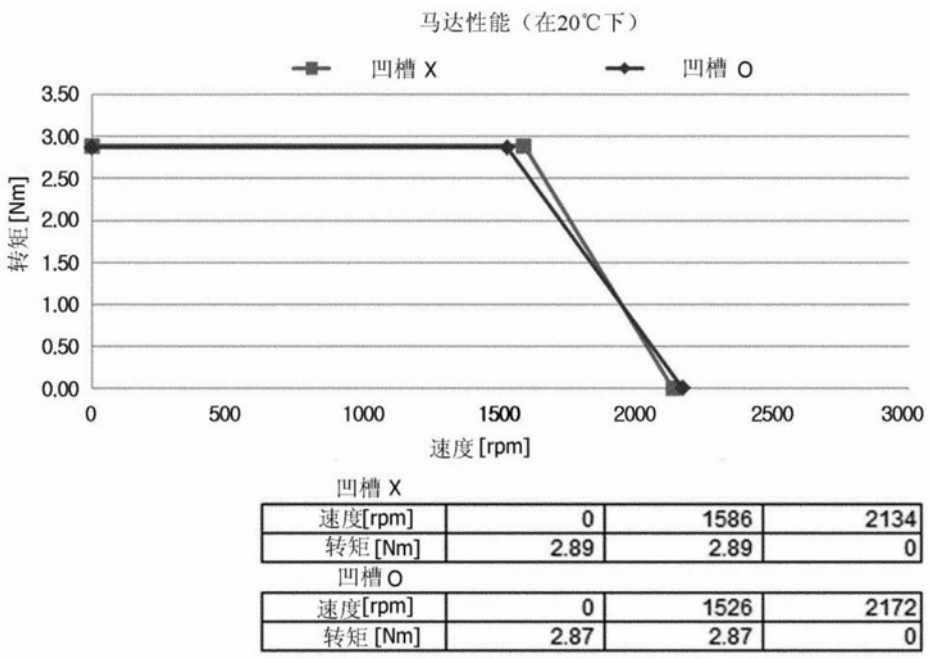


图20

	齿槽转矩 (mNm)	反电动势 (Vs/rad)	转矩 (Nm)	转矩纹波 (mNm)	基础速度 (rpm)
① 方形凹槽	69.4	0.0471	2.86	99.1	1527
② 半圆形凹槽	22.6	0.0472	2.87	101.6	1526
比例[%]	67.4 ↓	0.2 ↑	0.3 ↑	2.5 ↑	0.1 ↓

图21

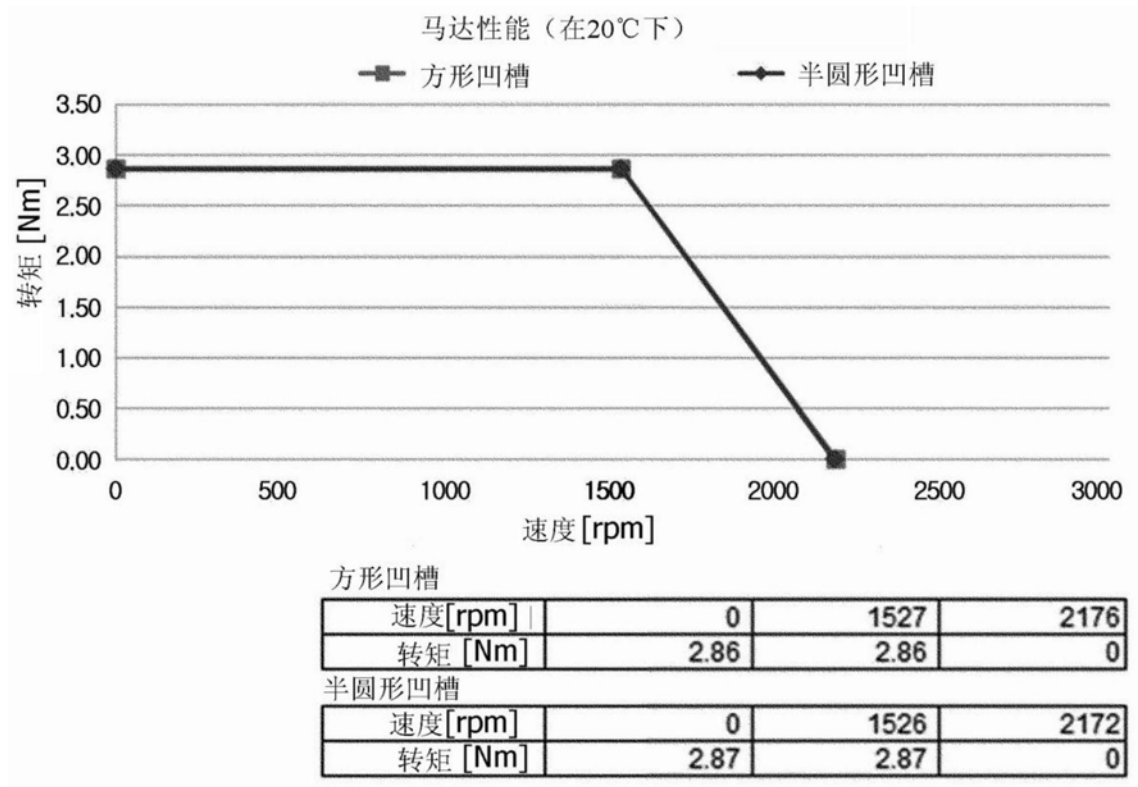


图22