



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113615041 A

(43) 申请公布日 2021. 11. 05

(21) 申请号 201980094462.5

(51) Int.Cl.

(22) 申请日 2019.03.27

H02K 1/17 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2021.09.18

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2019/013326 2019.03.27

(87) PCT国际申请的公布数据
W02020/194593 JA 2020.10.01

(71) 申请人 三菱电机株式会社
地址 日本东京

(72) 发明人 水田贵裕 伊藤一将 安盛贵之

(74) 专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理
有限公司 11112

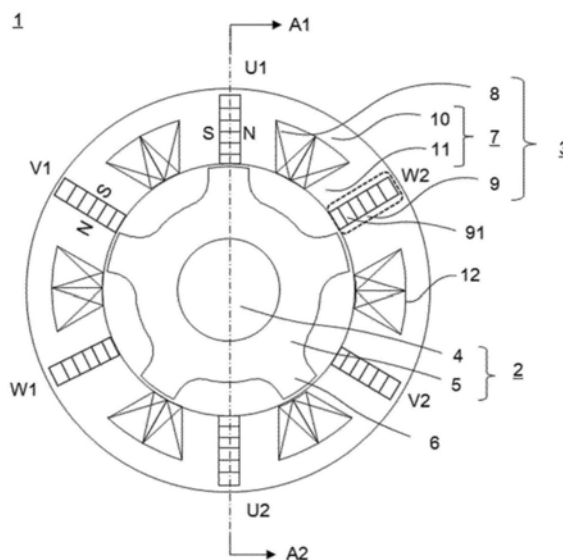
代理人 何立波 张天舒

权利要求书2页 说明书11页 附图9页

(54) 发明名称
旋转电机

(57) 摘要

得到减少在设置于定子的磁铁部产生的涡电流损耗的旋转电机。具有转子(2)和在转子(2)的径向相对而配置的定子(3)。定子(3)具有定子芯(7)、定子线圈(8)及磁铁部(9)。定子芯(7)具有芯座(10)和齿(11),齿(11)从芯座(10)朝向转子(2)凸出并且沿周向排列。固定线圈(8)分别卷绕于多个齿(11),配置于在沿周向相邻的齿(11)彼此之间形成的狭槽(12)。磁铁部(9)在各个齿(11)由多个永磁铁(91)形成。多个永磁铁(91)在周向具有彼此相同的磁极,在齿(11)的凸出方向排列。



1. 一种旋转电机,其特征在于,
具有转子、和在所述转子的径向隔开间隔而相对地配置的定子,
所述定子具有:
定子芯,其具有筒状的芯座和多个齿,所述多个齿各自从所述芯座朝向所述转子凸出并且沿所述转子的周向设置;
定子线圈,其分别卷绕于所述多个齿,配置于在沿所述周向相邻的所述齿彼此之间形成的狭槽;以及
磁铁部,其在所述多个齿分别具有多个永磁铁,所述多个永磁铁各自在所述周向具有彼此相同的磁极,并且在所述齿的凸出方向排列。
2. 根据权利要求1所述的旋转电机,其特征在于,
隔着所述狭槽在所述周向相邻的所述永磁铁,将彼此相同的磁极相对而配置。
3. 根据权利要求1或2所述的旋转电机,其特征在于,
将在所述定子线圈中流动的电流的角频率设为 ω ,将所述永磁铁的导磁率设为 μ ,将所述永磁铁的导电率设为 σ ,所述永磁铁的沿所述齿的凸出方向的长度小于或等于通过 $d = \{2/(\omega\mu\sigma)\}^{1/2}$ 表示的集肤深度 d 的2倍。
4. 根据权利要求1至3中任一项所述的旋转电机,其特征在于,
作为所述磁铁部,与所述转子相对侧的面及其相反面中的至少任一者从所述定子芯露出。
5. 根据权利要求1至4中任一项所述的旋转电机,其特征在于,
在所述齿的凸出方向排列的所述多个永磁铁之中的与所述转子最接近的所述永磁铁的沿所述齿的凸出方向的长度小于其余的所述永磁铁。
6. 根据权利要求1至5中任一项所述的旋转电机,其特征在于,
所述径向的从所述磁铁部至所述转子为止的距离,大于所述径向的从所述定子芯至所述转子为止的距离。
7. 根据权利要求1至6中任一项所述的旋转电机,其特征在于,
所述磁铁部在与所述齿的凸出方向正交的方向排列有所述多个永磁铁。
8. 根据权利要求1至7中任一项所述的旋转电机,其特征在于,
将在所述定子线圈中流动的电流的角频率设为 ω ,将所述永磁铁的导磁率设为 μ ,将所述永磁铁的导电率设为 σ ,所述永磁铁各自的沿与所述齿的凸出方向正交的方向的长度小于或等于通过 $d = \{2/(\omega\mu\sigma)\}^{1/2}$ 表示的集肤深度 d 的2倍。
9. 根据权利要求1至8中任一项所述的旋转电机,其特征在于,
在排列于所述齿的凸出方向的所述多个永磁铁之中的与所述转子最接近的所述永磁铁的与所述转子相对侧的面,形成有在所述转子的轴向延伸的槽部。
10. 根据权利要求1至9中任一项所述的旋转电机,其特征在于,
所述永磁铁具有将沿所述齿的凸出方向及所述转子的轴向这两者的面、和与所述转子相对侧的面交叉而形成的角部去掉所形成的倒角面。
11. 一种旋转电机,其特征在于,
具有转子、和在所述转子的径向隔开间隔而相对地配置的定子,
所述定子具有:

定子芯,其具有筒状的芯座和多个齿,所述多个齿各自从所述芯座朝向所述转子凸出并且沿所述转子的周向设置;

定子线圈,其分别卷绕于所述多个齿,配置于在沿所述周向相邻的所述齿彼此之间形成的狭槽;以及

磁铁部,其在所述多个齿分别具有多个永磁铁,所述多个永磁铁在所述周向磁化,并且在所述永磁铁的沿所述齿的凸出方向及所述转子的轴向这两者的面形成有在所述转子的轴向延伸的槽部。

旋转电机

技术领域

[0001] 本发明涉及具有设置了永磁铁的定子的旋转电机。

背景技术

[0002] 在工业用的电动机、车载用电动机等旋转电机中,要求小型化、高输出化、高速化。作为响应这些要求的旋转电机,提出了转子由铁心构成、在定子侧设置有线圈和永磁铁的旋转电机。例如在专利文献1中公开了一种旋转电机,其一次侧磁极部件具有多个齿模块,多个齿模块具有绕组和至少1个永磁铁,永磁铁由单个或分割构造形成。

[0003] 如果使旋转电机的转子旋转,则由在线圈中流动的电流产生的磁通与永磁铁交链,在永磁铁流过涡电流以使得将磁通的变动抵消,引起涡电流损耗。特别是在定子侧设置有永磁铁的旋转电机中,永磁铁相对于旋转磁场静止,因此会发生非常大的涡电流损耗,使旋转电机的效率降低。针对该问题,例如在专利文献2中,作为磁场用的磁铁而采用了主要成分之一为绝缘性的树脂的粘结磁铁。粘结磁铁的导电率低,因此能够减少在粘结磁铁产生的涡电流,但在使用导电率低的粘结磁铁的情况下,与烧结磁铁相比磁力劣化,因此输出降低。

[0004] 另外,在转子侧设置有永磁铁的旋转电机中,提出了对永磁铁进行分割而减少涡电流损耗。例如在专利文献3中提出了一种永磁铁型旋转电机,其具有由沿转子芯的轴向分割的第1磁铁片形成的第1永磁铁、和由沿与转子芯的轴向交叉的方向分割的第2磁铁片形成的第2永磁铁,第1永磁铁及第2永磁铁分别插入至转子芯的磁铁孔。

[0005] 专利文献1:日本特表2009-509490号公报

[0006] 专利文献2:日本特开2016-32385号公报

[0007] 专利文献3:日本特开2013-176259号公报

发明内容

[0008] 但是,在定子侧设置有永磁铁的旋转电机中,没有研究为了减少涡电流损耗而对永磁铁进行分割,难以根据对永磁铁进行分割而配置的方向有效地抑制涡电流,减少涡电流损耗。

[0009] 本发明就是为了解决上述的课题而提出的,其目的在于,得到减少在设置于旋转电机的定子侧的永磁铁产生的涡电流损耗的旋转电机。

[0010] 本发明所涉及的旋转电机具有转子和在转子的径向隔开间隔而相对地配置的定子,定子具有:定子芯,其具有筒状的芯座和多个齿,多个齿各自从芯座朝向转子凸出并且沿转子的周向设置;定子线圈,其分别卷绕于多个齿,配置于在沿周向相邻的齿彼此之间形成的狭槽;以及磁铁部,其在多个齿分别具有多个永磁铁,多个永磁铁各自在周向具有彼此相同的磁极,并且在齿的凸出方向排列。

[0011] 另外,本发明所涉及的旋转电机具有转子和在转子的径向隔开间隔而相对地配置的定子,定子具有:定子芯,其具有筒状的芯座和多个齿,多个齿各自从芯座朝向转子凸出

并且沿转子的周向设置;定子线圈,其分别卷绕于多个齿,配置于在沿周向相邻的齿彼此之间形成的狭槽;以及磁铁部,其在多个齿分别具有多个永磁铁,多个永磁铁在周向磁化,并且在永磁铁的沿齿的凸出方向及转子的轴向这两者的面形成有在转子的轴向延伸的槽部。

[0012] 发明的效果

[0013] 根据本发明所涉及的旋转电机,具有多个永磁铁各自在周向具有彼此相同的磁极并且在齿的凸出方向排列的磁铁部或永磁铁在周向磁化并且在永磁铁的沿齿的凸出方向及轴向这两者的面形成有在转子的轴向延伸的槽部的磁铁部,由此将涡电流的路径在齿的凸出方向断开,因此能够有效地抑制在永磁铁中流动的涡电流的大小,减少涡电流损耗。

附图说明

[0014] 图1是表示本发明的实施方式1所涉及的旋转电机的概略结构的剖视图。

[0015] 图2是表示本发明的实施方式1所涉及的旋转电机的概略结构的剖视图。

[0016] 图3是表示本发明的实施方式1所涉及的旋转电机的其他例的概略结构的剖视图。

[0017] 图4是将本发明的实施方式1所涉及的旋转电机的一部分放大的概略结构图。

[0018] 图5是将本发明的实施方式1所涉及的旋转电机的一部分放大的概略结构图。

[0019] 图6是用于说明在本发明的实施方式1所涉及的旋转电机的永磁铁产生的涡电流的说明图。

[0020] 图7是表示在本发明的实施方式1所涉及的旋转电机的永磁铁产生的涡电流的大小和永磁铁的齿的凸出方向的距离之间的关系的关系图。

[0021] 图8是表示在本发明的实施方式1所涉及的旋转电机的永磁铁产生的涡电流的大小和永磁铁的齿的凸出方向的距离之间的关系的关系图。

[0022] 图9是表示本发明的实施方式1所涉及的旋转电机的其他例的概略结构的剖视图。

[0023] 图10是表示本发明的实施方式1所涉及的旋转电机的其他例的概略结构的剖视图。

[0024] 图11是将本发明的实施方式2所涉及的旋转电机的一部分放大的概略结构图。

[0025] 图12是将本发明的实施方式3所涉及的旋转电机的一部分放大的概略结构图。

[0026] 图13是将本发明的实施方式4所涉及的旋转电机的一部分放大的概略结构图。

[0027] 图14是用于说明在本发明的实施方式4所涉及的旋转电机的永磁铁产生的涡电流的说明图。

[0028] 图15是将本发明的实施方式4所涉及的旋转电机的一部分放大的概略结构图。

[0029] 图16是将本发明的实施方式5所涉及的旋转电机的一部分放大的概略结构图。

[0030] 图17是表示本发明的实施方式5所涉及的旋转电机的其他例的概略结构的剖视图。

[0031] 图18是表示本发明的实施方式6所涉及的旋转电机的概略结构的剖视图。

具体实施方式

[0032] 下面,参照附图对本发明的优选的实施方式进行说明。在各图中对相同或相当的部分标注同一标号进行说明。

[0033] 实施方式1.

[0034] 图1、图2是表示本发明的实施方式1所涉及的旋转电机的概略结构的剖视图。图1是与旋转轴的轴向正交的剖视图，图2是沿旋转轴的轴向的剖视图，是沿图1的A1—A2线的剖视图。如图1所示，旋转电机1具有：转子2；以及定子3，其在转子2的径向外侧隔开间隔，在周向将转子2包围而配置。

[0035] 在下面的说明中，将转子2的旋转方向设为周向，将转子2的旋转轴4的方向设为轴向，将从转子2的旋转中心朝向外周侧的方向设为径向。另外，在下面的说明中，正交的方向还包含大致正交的方向。

[0036] 转子2具有旋转轴4和在旋转轴4安装的转子芯5。转子芯5通过热装、压入等而固定于旋转轴4。转子芯5设置有向径向外侧凸出的多个凸部6。各凸部6在转子芯5的周向彼此隔开间隔而设置。

[0037] 定子3具有定子芯7、定子线圈8及磁铁部9。定子芯7例如是电磁钢板沿轴向层叠的磁体。定子芯7具有筒状的芯座10和从芯座10的内周面侧向径向内侧凸出的多个齿11。即，各齿11从芯座10朝向转子2凸出，并且沿周向彼此隔开间隔而设置。在周向相邻的齿11彼此之间形成有狭槽12，其是分别朝向转子2开放而在轴向延伸的空间。在狭槽12设置有卷绕于齿11的定子线圈8。另外，在多个齿11各自的周向中央部设置有磁铁部9。

[0038] 磁铁部9例如分别在齿11的凸出方向及轴向延伸而设置于多个齿11，由在周向磁化的永磁铁91形成。隔着狭槽12在周向相邻的磁铁部9的永磁铁91之间将彼此相同的磁极相对而配置。即，在多个齿11各自设置的磁铁部9的永磁铁91在周向将磁极交替地配置。磁铁部9例如在定子芯7的内周面从齿11露出，在定子芯7的外周面被芯座10覆盖。图中的N、S示出了磁铁部9的永磁铁91的磁极。作为磁铁部9的永磁铁91，例如使用钕烧结磁铁等稀土类烧结磁铁、铁素体磁铁等导电率不为0的磁铁。

[0039] 在多个齿11的各个齿，磁铁部9具有在齿11的凸出方向排列的多个永磁铁91。磁铁部9通过永磁铁91之间的彼此相对的面沿齿11的凸出方向分割为多个。在齿11的凸出方向排列的永磁铁91之间，在周向具有彼此相同的磁极。在这里，永磁铁91之间在周向具有彼此相同的磁极不仅是多个永磁铁91在周向的一致方向磁化的情况，还包含在考虑到波动的一定范围在周向的相同方向磁化的情况。另外，永磁铁91在齿11的凸出方向排列不仅是在与齿11的凸出方向平行的方向排列的情况，还包含在大致平行的方向排列的情况。在图1所示的例子中，磁铁部9分割为6个，排列有6个永磁铁91，但不仅限于此。

[0040] 如上所述，磁铁部9a、9b在齿11的凸出方向延伸而设置，由此能够减小磁通不经过转子2而是经过芯座10或齿11而发生短路的可能性。另外，在周向磁化的永磁铁91在齿11的凸出方向排列，由此能够将永磁铁91的周向截面积扩大，使扭矩提高。

[0041] 在这里，在图1中示出了磁铁部9具有在齿11的凸出方向排列的多个永磁铁91的例子，但磁铁部9也可以至少具有1个在周向磁化的单个永磁铁91，在永磁铁91的沿齿11的凸出方向及轴向这两者的面至少形成有1个在轴向延伸的槽部13。

[0042] 图3是表示本发明的实施方式1所涉及的旋转电机的其他例的概略结构的剖视图。如图3所示，磁铁部9例如具有在齿11的凸出方向及轴向延伸的单个永磁铁91，在永磁铁91的沿齿11的凸出方向及轴向这两者的面，在轴向延伸的多个槽部13沿齿11的凸出方向彼此隔开间隔而设置。磁铁部9通过槽部13，沿齿11的凸出方向而分割为多个区域。沿齿11的凸出方向相邻的槽部13彼此之间的区域和从永磁铁91的沿与齿11的凸出方向正交的方向及

轴向这两者的面至槽部13为止之间的区域,各自相当于图1中的1个永磁铁91。

[0043] 槽部13可以在永磁铁91的轴向贯通而设置,也可以设置于轴向的一部分。另外,在图3中示出了在永磁铁91的沿齿11的凸出方向及轴向而在周向相对的两个面设置有槽部13的例子,但也可以仅设置于一个面。

[0044] 定子线圈8例如在多个齿11各自通过集中卷绕而设置,收容于狭槽12。定子线圈8的绕组相对于由在周向相邻的一对狭槽12夹着的齿11进行卷绕。在图中,省略了卷绕于齿11的绕组。

[0045] 在定子线圈8例如被供给三相的交流电流而产生旋转磁场。在这里,将三相的各相分别由U相、V相、W相表示,将各定子线圈8之中的2个U相线圈设为U1、U2,将2个V相线圈设为V1、V2,将2个W相线圈设为W1、W2。各定子线圈8例如如图1所示,向逆时针的方向以U1、V1、W1、U2、V2、W2的顺序排列配置。定子线圈8是U1和U2串联地连接的串联电路、V1和V2串联地连接的串联电路、W1和W2串联地连接的串联电路在共通的中性点进行连接。在各相流过以120度相位偏移的电流而生成旋转磁场。

[0046] 图4、图5是将本发明的实施方式1所涉及的旋转电机的一部分放大的概略结构图。在这里,转子2设为逆时针地旋转。在图4、图5中,将隔着1个狭槽12而相邻的齿11按照逆时针的顺序设为齿11a、11b,在齿11a、11b分别设置有磁铁部9a、9b。另外,将在转子2中相邻的凸部6按照逆时针的顺序设为6a、6b。在图中,方向记号 i_1 示出在定子线圈8中流动的电流。箭头 Φ_c 表示由在定子线圈8中流动的电流所产生的磁通。箭头 Φ_a 、 Φ_b 分别是磁铁部9a、9b的磁化方向,表示磁铁部9a、9b的永磁铁91自身产生的磁通的一部分。设为磁铁部9a具有按照逆时针的顺序磁化为N极、S极的多个永磁铁91,磁铁部9b具有按照逆时针的顺序磁化为S极、N极的多个永磁铁91。

[0047] 如图4所示,设为磁铁部9a、9b位于转子2的凸部6a、6b的旋转方向的前方。此时,在设置于狭槽12的定子线圈8从轴向的一方朝向另一方(从纸面近端朝向远端)流动的电流所产生的磁通,从齿11b沿着芯座10,在与齿11a的凸出方向正交的方向与磁铁部9a交链之后从转子2的一个凸部6a朝向另一个凸部6b返回至齿11b而流动。

[0048] 另外,如图5所示,设为磁铁部9a、9b位于转子2的凸部6a、6b的旋转方向的后方。此时,在设置于狭槽12的定子线圈8从轴向的另一方朝向一方(从纸面远端朝向近端)流动的电流所产生的磁通,从齿11a沿着芯座10,在与齿11b的凸出方向正交的方向与磁铁部9b交链之后,从转子2的一个凸部6b朝向另一个凸部6a返回至齿11a而流动。

[0049] 如上所述,通过改变在定子线圈8中通电的电流的相位,从而对磁通是经过齿11a或齿11b中的哪一者进行控制,由此产生扭矩。此时,定子3的磁铁部9a、9b和转子2的凸部6a、6b的位置关系及电流的相位变化,由此与磁铁部9a、9b交链的磁通的大小变动。例如,如果转子2逆时针地旋转而从图4的状态变化为图5的状态,则在图4中,在与齿11的凸出方向正交的方向与磁铁部9a交链的磁通成为图5的位置关系而减少。因此,在磁铁部9a的沿齿11的凸出方向及轴向这两者的剖面流过涡电流以使得将磁通的变动抵消。在定子3侧设置有永磁铁91的旋转电机1,磁铁部9相对于旋转磁场而静止,在齿11的凸出方向延伸而设置,因此在涡电流沿齿11的凸出方向流动的情况下,会发生非常大的涡电流损耗。

[0050] 图6是用于说明在本发明的实施方式1所涉及的旋转电机的永磁铁产生的涡电流的流动的说明图。在图5、图6中,方向记号、箭头 i_2 示出了在磁铁部9a产生的涡电流。如图6

所示,磁铁部9a沿齿11的凸出方向而排列有多个永磁铁91,因此涡电流的路径由永磁铁91之间的彼此相对的面接触电阻在齿11的凸出方向断开。即,涡电流在形成磁铁部9a的多个永磁铁91各自以环状流动。涡电流的路径沿齿11的凸出方向断开,由此能够减小涡电流的大小,减少涡电流损耗。

[0051] 图7是表示本发明的实施方式1所涉及的旋转电机的涡电流的大小和永磁铁的齿的凸出方向的距离之间的关系的关系图。纵轴Y是在永磁铁91的剖面沿轴向流动的涡电流的大小,横轴X是永磁铁91的沿与齿11的凸出方向正交的方向及轴向这两者而相对的表面之中的从与转子2接近的表面至其相反面为止的距离。在图中,2根虚线Q1、Q2分别是永磁铁91的轴向的一方向另一方(从纸面近端向远端)流动的涡电流的大小、从轴向的另一方向一方(从纸面远端向近端)流动的涡电流的大小。在图7中,通过将永磁铁91的表面的涡电流的大小设为1时的比例,表示永磁铁91的内部的涡电流的大小。

[0052] 在旋转电机1高速地旋转的情况下,通过表皮效应,在永磁铁91的表面处涡电流的电流密度集中。因此,如图7所示,在永磁铁91的轴向流动的电流从表面朝向内部而衰减,在集肤深度d处衰减至在永磁铁91的表面流动的电流的 $1/e$ 为止。在这里,e表示常用对数。涡电流如果环径变小,则在相反的方向流动的电流之间彼此发生干涉而相互抵消。例如,在图6中P1—P2间所示的区域,从永磁铁91的轴向的一方朝向另一方的电流、从另一方朝向一方的电流都成为大于或等于在表面流动的电流的 $1/e$ 的大小,但彼此相互抵消,在图中,能够将涡电流减小至通过实线Q3表示的大小为止。

[0053] 接下来,对永磁铁91的齿11的凸出方向的长度和涡电流的集肤深度之间的关系进行说明。在图5、图6中,箭头 w_{m1} 示出永磁铁91的齿11的凸出方向的长度。如上所述,在定子线圈8流动的电流所产生的磁通如果与永磁铁91交链,则流过涡电流。此时,关于在永磁铁91中流动的涡电流的集肤深度d,在将使旋转电机驱动的逆变器的载波角频率即在定子线圈8中流动的电流的角频率设为 ω ,将永磁铁91的导电率设为 σ ,将导磁率设为 μ 时,集肤深度d通过以下方式表示。

[0054] [式1]

$$d = \sqrt{\frac{2}{\omega\mu\sigma}}$$

• • • (1)

[0056] 在将永磁铁91的齿11的凸出方向的长度设为 w_{m1} 时,为了通过涡电流彼此的干涉而使涡电流损耗减少,优选永磁铁91的齿11的凸出方向的长度 w_{m1} 和集肤深度d满足下面的关系。

[0057] [式2]

$$w_{m1} \leq 2d$$

[0059] • • • (2)

[0060] 图8是表示本发明的实施方式1所涉及的旋转电机的涡电流的大小和永磁铁的径向的距离之间的关系的关系图。图8作为图7的另一个例子,示出了永磁铁91的齿11的凸出方向的长度 w_{m1} 和集肤深度d满足下面的算式的情况下的涡电流的大小。

[0061] [式3]

[0062] $w_{m1} = 2d$

[0063] • • • (3)

[0064] 如图8所示,在永磁铁91的齿11的凸出方向的长度 w_{m1} 是集肤深度 d 的2倍的大小的情况下,在永磁铁91的轴向相反地流动的电流彼此为大于或等于 $1/e$ 而相互抵消的区域不存在。如式(2)所示,将永磁铁91的齿11的凸出方向的长度 w_{m1} 设为小于或等于集肤深度 d 的2倍,由此在以环状流动的涡电流中,彼此在相反的方向流动的电流之间为大于或等于 $1/e$ 而相互抵消的区域产生,因此能够有效地抑制涡电流,增大涡电流的减少效果。

[0065] 在这里,以多个永磁铁91在齿11的凸出方向排列的磁铁部9为例进行了说明,但在设置有形成了槽部13的单个永磁铁91的磁铁部9的情况下,永磁铁91的齿11的凸出方向的长度 w_{m1} ,相当于在永磁铁91中在齿11的凸出方向相邻的槽部13彼此之间的长度及从永磁铁91的表面至槽部13为止之间的长度,同样地通过设为小于或等于集肤深度的2倍,从而能够增大涡电流的减少效果。

[0066] 如上所述,在本实施方式中,具有转子2和在转子2的径向隔开间隔而相对地配置的定子3,定子3具有:定子芯7,其具有筒状的芯座10和多个齿11;定子线圈8,其卷绕于齿11而配置于狭槽12;以及磁铁部9,其在多个齿11分别具有多个永磁铁91。

[0067] 磁铁部9的多个永磁铁91各自在周向具有彼此相同的磁极,并且沿齿11的凸出方向排列。或者,磁铁部9由在周向磁化的单个永磁铁91形成,在永磁铁91的沿齿11的凸出方向及轴向这两者的面沿轴向延伸而设置槽部13。永磁铁91在周向磁化,由此增大在定子线圈8中流动的电流所产生的磁通交链的面积,使扭矩提高。

[0068] 在定子线圈8中流动的电流所产生的磁通与磁铁部9交链时流动的涡电流的路径,由多个永磁铁91之间的彼此相对的面或永磁铁91的槽部13沿齿11的凸出方向断开。涡电流的路径断开,由此能够有效地减小涡电流的大小而减少涡电流损耗,能够使扭矩提高。

[0069] 此外,磁铁部9可以在多个永磁铁91彼此间及槽部13的内部设置有绝缘物。另外,永磁铁91为了防生锈等而可以分别实施涂敷。由此,容易将涡电流进一步断开,能够减少涡电流损耗。

[0070] 此外,在图1中示出了磁铁部9的沿与齿11的凸出方向正交的方向而彼此相对的面之中的接近转子2的面在定子芯7的内周面从齿11露出,其相反面在定子芯7的外周面被芯座10覆盖的例子,但也可以是其他方式。下面,将沿与齿11的凸出方向正交的方向而彼此相对的面之中的接近转子2的面简称为与转子2相对侧的面。图9、10是表示本发明的实施方式1所涉及的旋转电机的其他例的概略结构的剖视图。如图9所示,可以是磁铁部9的与转子2相对侧的面的相反面在定子芯7的外周面露出,与转子2相对侧的面在内周面由齿11覆盖。

[0071] 另外,如图10所示,磁铁部9更优选在与转子2相对侧的面及其相反面从定子芯7的外周面及内周面这两者露出。如果磁铁部9在定子芯7的外周面或内周面被芯座10或齿11覆盖,则磁通不穿过转子2,而是穿过芯座10或齿11而发生短路,旋转电机1的扭矩减少。如图10所示,在定子芯7的外周及内周这两者使磁铁部9露出,由此能够防止磁通的短路发生,抑制扭矩的减少。

[0072] 另外,在图10中,定子芯7在齿11的周向的中央部被分割,将磁铁部9夹着而固定。如上所述,定子芯7可以是在周向分割为多个的分割芯。

[0073] 实施方式2.

[0074] 图11是将本发明的实施方式2所涉及的旋转电机的一部分放大的概略结构图。在图11中,定子3的磁铁部9和转子2的凸部6的位置关系、电流的相位、永磁铁91各自的磁化方向与图4相同。下面,省略与实施方式1相同点的说明,以不同点为中心进行说明。

[0075] 如图11所示,磁铁部9例如由沿齿11的凸出方向排列的多个永磁铁91形成。并且在实施方式中,永磁铁91的齿11的凸出方向的长度随着从定子芯7的外周侧向内周侧、即随着接近转子2而变小。

[0076] 如图11所示,设为磁铁部9a、9b位于转子2的凸部6a、6b的旋转方向的前方。此时,如果在设置于狭槽12的定子线圈8从轴向的一方朝向另一方(从纸面近端朝向远端)而流过电流,则电流所产生的磁通从齿11b沿着芯座10,在与齿11a的凸出方向正交的方向与磁铁部9a交链之后,从转子2的一个凸部6a朝向另一个凸部6b返回齿11b而流动。

[0077] 在定子线圈8流过的电流所产生的磁通在与齿11a的磁铁部9a交链而朝向转子2的一个凸部6a流动时,与磁铁部9a交链的磁通之中的通过虚线 Φ_a 表示的经过定子芯7的径向外侧的磁通相比,通过实线 Φ_a 表示的经过径向内侧的磁通更多。其原因在于,存在经过定子芯7的外周侧的路径为了到达转子2而绕远,磁通以最短的路径流动这一性质。因此,与定子芯7的径向外侧相比经过径向外侧的磁通的磁通的每单位时间的变化也变大,在磁铁部9产生的涡电流是在最接近转子2的永磁铁91产生的涡电流大。下面,将磁铁部9的最接近转子2的永磁铁91特别记载为永磁铁91p。

[0078] 在本实施方式中,使沿齿11的凸出方向配置的多个永磁铁91之中的定子芯7的径向内侧即最接近转子2的永磁铁91p的齿11的凸出方向的长度小于其余的永磁铁91,由此在与涡电流的轴向相反的方向流动的电流之间更容易发生干涉。

[0079] 在这里,在图11中,以排列有多个永磁铁91的磁铁部9为例进行了说明,但在永磁铁91的沿齿11的凸出方向及轴向这两者的面形成有在轴向延伸的槽部13的磁铁部9的情况下,可以将永磁铁91的在齿11的凸出方向相邻的槽部13彼此之间的距离或从永磁铁91的表面至槽部13为止的距离设为随着接近转子2而减小。

[0080] 如上所述,具有由在齿11的凸出方向排列的多个永磁铁91形成的磁铁部9、或由沿齿11的凸出方向设置有多个槽部13的永磁铁91形成的磁铁部9,由此能够减小在磁铁部9中流动的涡电流,减少涡电流损耗。并且在实施方式中,在具有由多个永磁铁91形成的磁铁部9的情况下,永磁铁91的齿11的凸出方向的长度形成为随着接近转子2而逐渐地减小。另外,在具有由设置有槽部13的永磁铁91形成的磁铁部9的情况下,沿齿11的凸出方向相邻的槽部13彼此之间的长度及从永磁铁91的表面至槽部13为止之间的长度形成为随着接近转子2而逐渐地减小。由此,能够减小在与容易产生涡电流的转子2接近的永磁铁91产生的涡电流的环径,在相反的方向流动的电流之间彼此容易发生干涉,能够有效地减小涡电流。

[0081] 在这里,在图11所示的例子中,示出了永磁铁91的齿11的凸出方向的长度 w_{m1} 随着接近转子2而逐渐地变小的例子,但为了减少涡电流损耗,在齿11的凸出方向排列的多个永磁铁91之中的最接近转子2的永磁铁91p的长度只要比其余的永磁铁91各自的长度小即可。同样地,在由设置有槽部13的永磁铁91形成的磁铁部9的情况下,只要从永磁铁91的与转子2相对侧的面至槽部13为止之间的长度比其他槽部13彼此之间的长度小即可。

[0082] 实施方式3.

[0083] 图12是将本发明的实施方式3所涉及的旋转电机的一部分放大的概略结构图。下

面,省略与实施方式1相同点的说明,以不同点为中心进行说明。在图12中,电流的相位、永磁铁91的磁化方向与图5相同。

[0084] 磁铁部9由在齿11的凸出方向排列的多个永磁铁91形成。或者磁铁部9由在沿齿11的凸出方向及轴向这两者的面设置有在轴向延伸的槽部13的永磁铁91形成。并且在本实施方式中,从径向的磁铁部9至转子2为止的距离大于从径向的定子芯7至转子2为止的距离。

[0085] 例如,在齿11的凸出方向排列有多个永磁铁91的磁铁部9的情况下,在齿11的凸出方向最接近转子2的永磁铁91p,与定子芯7的沿转子2侧的周向的面相比位于径向外侧。

[0086] 如图12所示,设为磁铁部9a位于与转子2的凸部6a相对的位置,磁铁部9b位于转子2的凸部6b的旋转方向的后方。此时,如果在设置于狭槽12的定子线圈8从轴向的另一方朝向一方(从纸面远端朝向近端)流过电流,则电流所产生的磁通从齿11a沿着芯座10,在与齿11b的凸出方向正交的方向与磁铁部9b交链之后从转子2的一个凸部6b朝向另一个凸部6a,返回齿11a而流动。

[0087] 在沿凸部6a的凸出方向彼此相对的面之中的位于转子2的旋转方向的前方侧的面和沿磁铁部9a的齿11a的凸出方向彼此相对的面之中的位于旋转方向的前方侧的面的周向位置相同程度的情况下,在定子线圈8中流动的电流所产生的磁通从凸部6a在与齿11的凸出方向相对的磁铁部9a的周向位置流动。此时,如果磁通沿齿11的凸出方向与磁铁部9a交链,则由于磁通的变动而产生涡电流。在图12所示的例子中,最接近转子2的永磁铁91p与定子芯7的沿转子2侧的周向的面相比位于径向外侧,因此磁通不与磁铁部9a交链而在齿11a中流动。

[0088] 如上所述,具有多个永磁铁91在齿11的凸出方向排列的磁铁部9或由在永磁铁91的沿齿11的凸出方向及轴向这两者的面,设置有在轴向延伸槽部13的永磁铁91形成的磁铁部9,由此能够减小在磁铁部9流动的涡电流,减少涡电流损耗。并且在本实施方式中,从径向的磁铁部9至转子2为止的距离大于从径向的定子芯7至转子2为止的距离,因此能够抑制在定子线圈8中流动的电流所产生的磁通沿齿11的凸出方向与磁铁部9交链,能够进一步减少涡电流损耗。

[0089] 实施方式4.

[0090] 图13是将本发明的实施方式4所涉及的旋转电机的一部分放大的概略结构图。下面,省略与实施方式1相同点的说明,以不同点为中心进行说明。在图13中,电流的相位、永磁铁91的磁化方向与图5相同。

[0091] 磁铁部9例如由在齿11的凸出方向排列的多个永磁铁91形成。并且在本实施方式中,磁铁部9具有在与齿11的凸出方向正交的方向排列的多个永磁铁91。

[0092] 在图13所示的例子中,在齿11的凸出方向排列的多个永磁铁91之中的在齿11的凸出方向最接近转子2的永磁铁91p,沿与齿11的凸出方向正交的方向被分割为2个永磁铁911p、912p。

[0093] 如图13所示,设为磁铁部9a位于与转子2的凸部6a相对的位置,磁铁部9b位于转子2的凸部6b的旋转方向的后方。此时,如果在设置于狭槽12的定子线圈8从轴向的另一方朝向一方(从纸面远端朝向近端)流过电流,则电流所产生的磁通从齿11a沿着芯座10,在与齿11b的凸出方向正交的方向与磁铁部9b交链之后从转子2的凸部6b朝向凸部6a,返回齿11a而流动。

[0094] 在沿凸部6a的凸出方向而彼此相对的面之中的位于转子2的旋转方向的前方的面、和沿磁铁部9a的齿11a的凸出方向而彼此相对的面之中的位于旋转方向的前方的面处于相同程度的周向位置的情况下,在定子线圈8流动的电流所产生的磁通从凸部6a沿齿11的凸出方向,在与凸部6a相对的磁铁部9a的周向位置流动。此时,如果沿齿11的凸出方向磁通与磁铁部9a交链,则产生涡电流以使得将磁通的变动抵消。

[0095] 图14是用于说明在本发明的实施方式4所涉及的旋转电机的永磁铁产生的涡电流的流动的说明图。如图14所示,在沿齿11的凸出方向磁通与磁铁部9a交链的情况下,涡电流 i_3 在永磁铁911p、912p的沿与齿11的凸出方向正交的方向及轴向的剖面以环状流动。即,在永磁铁911p、912p的周向的两侧,分别在轴向的彼此相反的方向流过电流。

[0096] 如上所述,具有多个永磁铁91在齿11的凸出方向排列的磁铁部9,由此能够减小在磁铁部9流动的涡电流,减少涡电流损耗。并且在本实施方式中,具有在与齿11的凸出方向正交的方向排列的多个永磁铁91,将沿与齿11的凸出方向正交的方向流动的涡电流的路径断开,由此即使在齿11的凸出方向磁通交链的情况下,在涡电流的轴向彼此相反的方向流动的电流彼此相互抵消,也能够减小涡电流,能够进一步减少涡电流损耗。特别地,沿齿11的凸出方向的磁通容易交链,将最接近转子2的永磁铁91p在与齿11的凸出方向正交的方向分割,由此能够进一步提高涡电流损耗的减少。

[0097] 此外,在图13、图14中,示出了仅最接近转子2的永磁铁91p在与齿11的凸出方向正交的方向被分割的例子,但其他永磁铁91也可以在与齿11的凸出方向正交的方向被分割。

[0098] 另外,也可以取代将磁铁部9沿与齿11的凸出方向正交的方向分割为多个,而是在与转子2相对侧的面设置形成有在轴向延伸的槽部14的永磁铁91。图15是表示本发明的实施方式4所涉及的旋转电机的其他例的概略结构的剖视图。在图15所示的例子中,槽部14在齿11的凸出方向最接近转子2的永磁铁91p的与转子2相对侧的面在轴向延伸而设置。

[0099] 如上所述,在设置有槽部14的情况下,也将沿磁铁部9的齿11的凸出方向磁通交链而产生的涡电流的路径沿与齿11的凸出方向正交的方向断开,由此能够减小涡电流的大小。另外,与作为磁铁部9而使用多个永磁铁91的情况相比,向齿11的设置变得容易,定子的组装性提高。

[0100] 在这里,槽部14可以在磁铁部9的轴向贯通,也可以不贯通,而是设置于轴向的一部分,但优选槽部14的轴向的长度相对于磁铁部9的轴向的长度越大越好。通过增大槽部14的轴向的长度,从而能够提高由涡电流干涉引起的涡电流损耗的减少效果。

[0101] 另外,在将在与齿11的凸出方向正交的方向分割的永磁铁91的与齿11的凸出方向正交的方向的长度设为 w_{m2} 时,集肤深度 d 优选满足下面的关系。

[0102] [式4]

$$[0103] \quad w_{m2} \leq 2d$$

[0104] • • • (4)

[0105] 如式(4)所示,将永磁铁91的与齿11的凸出方向正交的方向的长度 w_{m2} 设为小于或等于集肤深度 d 的2倍,由此在涡电流的相反的方向流动的电流彼此为大于或等于 $1/e$ 而相互抵消的区域产生,因此能够有效地相互抵消,增大涡电流的减少效果。

[0106] 在这里,在由槽部14设置于与齿11的凸出方向正交的方向的永磁铁91形成的磁铁部9的情况下,将从永磁铁91的表面至槽部14为止之间的距离或槽部14彼此之间的距离设

为小于或等于集肤深度 d 的2倍,由此同样地能够增大涡电流的减少效果。

[0107] 实施方式5.

[0108] 图16是将本发明的实施方式5所涉及的旋转电机的一部分放大的概略结构图。下面,省略与实施方式1相同点的说明,以不同点为中心进行说明。在图16中,电流的相位、永磁铁91的磁化方向与图5相同。

[0109] 磁铁部9例如由在齿11的凸出方向排列的多个永磁铁91形成。或者磁铁部9由例如在沿轴向两者的面设置有沿轴向延伸的槽部13的永磁铁91形成。并且在本实施方式中,磁铁部9的永磁铁91将沿齿11的凸出方向及轴向这两者的面和与转子2相对的面所交叉而形成的角部去掉,形成有倒角面15。下面,将沿永磁铁91的齿11的凸出方向及轴向这两者的面和与转子2相对的面交叉而形成的角部简称为与转子2相对侧的角部。

[0110] 在图16所示的例子中,在齿11的凸出方向排列的永磁铁91之中的最接近转子2的永磁铁91p将与转子2相对侧的旋转方向前方的角部去掉而形成有倒角面15。永磁铁91p与轴向正交的剖面形状成为5边形。

[0111] 如图16所示,磁铁部9a位于与转子2的凸部6a相对的位置,磁铁部9b位于转子2的凸部6b的旋转方向的后方。此时,如果在设置于狭槽12的定子线圈8从轴向的另一方向一方(从纸面远端向近端)流过电流,则电流所产生的磁通从齿11a沿着芯座10,在与齿11b的凸出方向正交的方向与磁铁部9b交链之后从转子2的凸部6b朝向凸部6a,返回齿11a而流动。

[0112] 在沿凸部6a的凸出方向彼此相对的一对面之中的位于转子2的旋转方向的前方的面和沿磁铁部9a的齿11a的凸出方向彼此相对的一对面之中的位于旋转方向的前方的面的周向位置相同程度的情况下,在定子线圈8中流动的电流所产生的磁通从凸部6a沿齿11的凸出方向,在与凸部6a相对的磁铁部9a的周向位置流动。此时,如果磁通沿齿11的凸出方向与磁铁部9a交链,则以将磁通的变动抵消的方式流过涡电流,产生涡电流损耗。

[0113] 在本实施方式中,在齿11的凸出方向排列的永磁铁91之中的最接近转子2的永磁铁91p,具有将与转子2相对侧的旋转方向前方的角部去掉而形成的倒角面15,由此磁通不从凸部6a与磁铁部9a交链而返回齿11a。

[0114] 如上所述,具有由在齿11的凸出方向排列的多个永磁铁91形成的磁铁部9、或由在沿齿11的凸出方向及轴向这两者的面设置有在轴向延伸的槽部13的永磁铁91形成的磁铁部9,由此能够减小在磁铁部9流动的涡电流,减少涡电流损耗。并且在本实施方式中,永磁铁91p具有将与转子2相对侧的角部去掉而形成的倒角面15,由此磁通不从凸部6a与磁铁部9a交链而返回齿11a,因此能够抑制涡电流的发生,并且减少涡电流损耗。

[0115] 此外,在图16中设想到逆时针地旋转的情况,示出了将在永磁铁91的与转子2相对侧位于逆时针方向侧的角部切掉的例子,但在顺时针地旋转的情况下,优选在永磁铁91的与转子2相对侧将顺时针方向侧的角部去掉。另外,在转子2绕逆时针和顺时针两者旋转的情况下,优选将逆时针方向侧的角部和顺时针方向侧的角部两者去掉而具有2个倒角面15。

[0116] 图17是表示本发明的实施方式5所涉及的旋转电机的另一个例子的概略结构图。在图17所示的例子中,永磁铁91p是齿11的永磁铁91的与转子2相对侧的角部的旋转方向前方及后方两者被去掉,具有2个倒角面15。即,永磁铁91p的与轴向正交的剖面的形状成为6边形。如上所述,永磁铁91p的与转子2相对侧的两个角部被去掉而具有2个倒角面15,由此能够与转子2的旋转方向无关地减少磁铁部9的涡电流损耗。

[0117] 另外,在图16、图17中,示出了永磁铁91p将角部去掉而具有倒角面15,与轴向垂直的剖面的形状为5边形或6边形的例子,但只要能够抑制从转子2到达齿11的磁通所产生的涡电流即可,也可以是5边形、6边形以上的多边形,也可以是将角部去掉而为圆弧状。

[0118] 实施方式6.

[0119] 图18是表示本发明的实施方式6所涉及的旋转电机的概略结构的剖视图。下面,省略与实施方式1相同点的说明,以不同点为中心进行说明。在实施方式1至6中,示出了在定子3的径向内侧配置有转子2的内转子型的旋转电机1的例子,在本实施方式中,示出在定子3的径向外侧配置有转子2的外转子型的旋转电机1的例子。

[0120] 如图1所示,旋转电机1具有转子2和在转子2的径向内侧隔开间隔而配置的筒状的定子3。转子2具有转子芯5。转子芯5设置有向径向内侧凸出的多个凸部6。各凸部6在转子芯5的周向彼此隔开间隔而设置。

[0121] 定子3具有定子芯7、定子线圈8及磁铁部9。定子芯7例如是电磁钢板沿轴向层叠的磁体。定子芯7具有筒状的芯座10和从芯座10的内周面侧向径向内侧凸出的多个齿11。即,多个齿11分别朝向转子2凸出,沿芯座10的周向彼此隔开间隔而设置。在周向相邻的齿11彼此之间向定子3的径向外侧开放,形成有在轴向延伸的空间即狭槽12。在狭槽12设置有卷绕于齿11的定子线圈8。另外,在多个齿11各自的周向中央部分别设置有磁铁部9。

[0122] 磁铁部9例如在多个齿11各自的中央部,在齿11的凸出方向及轴向延伸而设置,分别由在周向磁化的永磁铁91形成。隔着狭槽12在周向相邻的磁铁部9的永磁铁91之间将彼此相同的磁极相对而配置。即,在多个齿11各自设置的磁铁部9的永磁铁91在周向将磁极交替地配置。磁铁部9例如在定子芯7的内周面从齿11露出,在定子芯7的外周面被芯座10覆盖。图中的N、S示出了磁铁部9的永磁铁91的磁极。作为磁铁部9的永磁铁91,例如使用稀土类烧结磁铁、铁素体磁铁。

[0123] 磁铁部9分别由在齿11的凸出方向排列的多个永磁铁91形成。或者,磁铁部9由单个永磁铁91形成,该单个永磁铁91在沿齿11的凸出方向及轴向的面沿齿11的凸出方向隔开间隔而设置有在轴向延伸的槽部13。

[0124] 具有如上所述的磁铁部9,由此沿与齿11的凸出方向正交的方向能够将涡电流的路径断开,在断开的涡电流的轴向相反的方向流动的电流彼此相互抵消,因此能够有效地减少涡电流损耗。

[0125] 此外,在实施方式1至6中,示出了转子2的凸部的数量为5、定子3的齿11和磁铁部9的数量分别为6的例子,但极数、狭槽数、其他各部分的尺寸不特别受到限定。例如,也可以是转子2的凸部的数量为4、定子3的齿11和磁铁部9的数量分别为6,也可以是转子2的凸部6的数量为10、定子3的齿11和磁铁部9的数量分别为12。

[0126] 另外,在实施方式1至6中,作为旋转电机1对具有三相的绕组的电动机进行了说明,但其为一个例子,也可以是具有三相以外的多相的绕组的电动机。

[0127] 另外,本发明在其发明的范围内,能够将各实施方式自由地组合,或将各实施方式适当地变形、省略。

[0128] 标号的说明

[0129] 1旋转电机,2转子,3定子,4旋转轴,5转子芯,6、6a、6b凸部,7定子芯,8定子线圈,9、9a、9b磁铁部,10芯座,11、11a、11b齿,12狭槽,13槽部,14槽部,91、91p永磁铁。

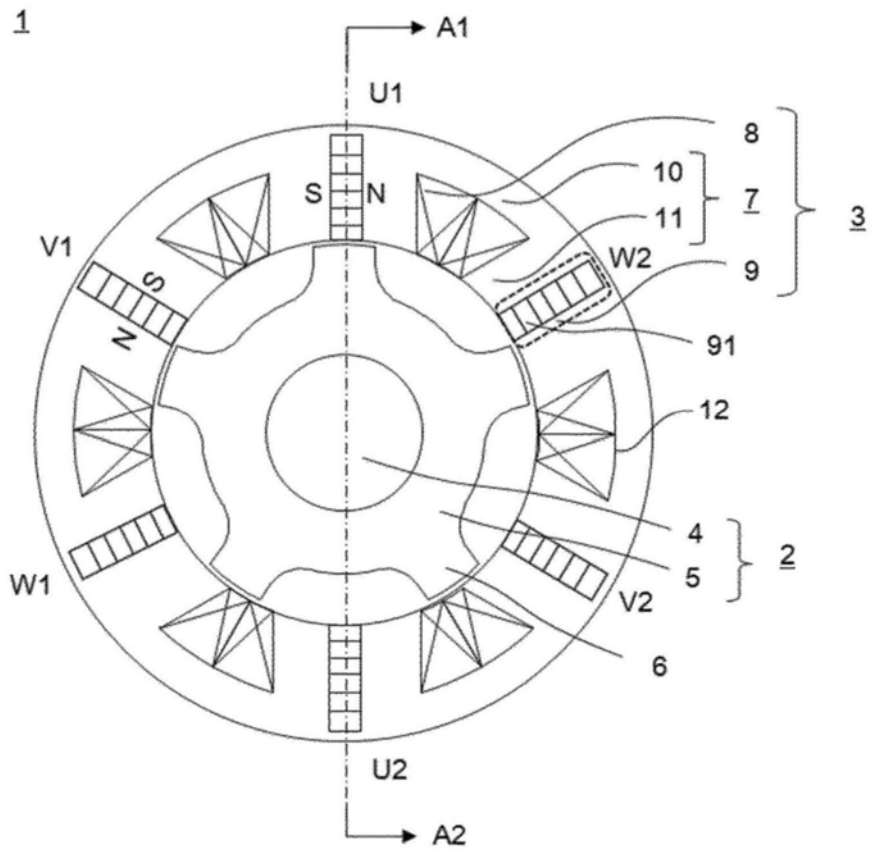


图1

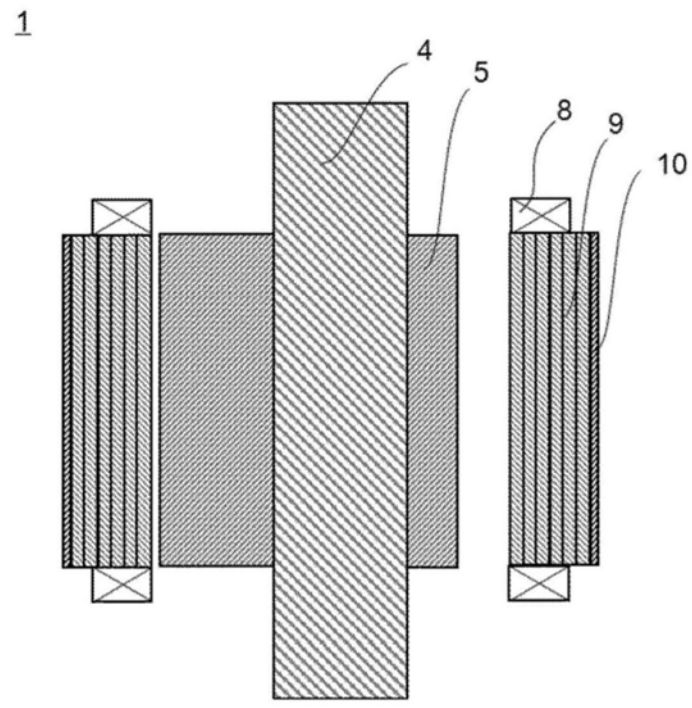


图2

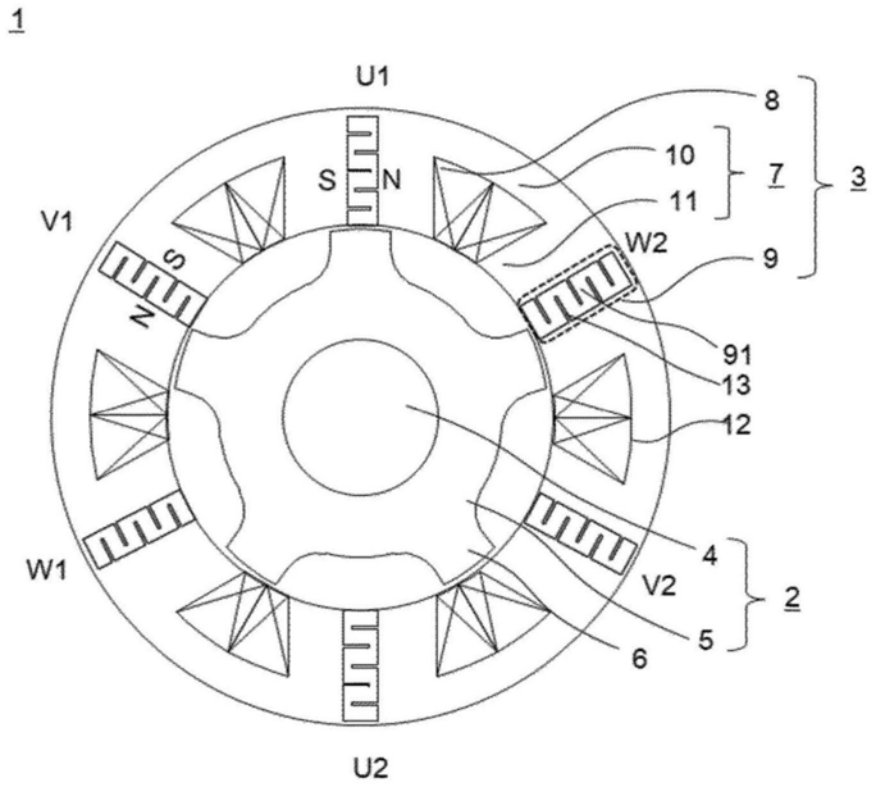


图3

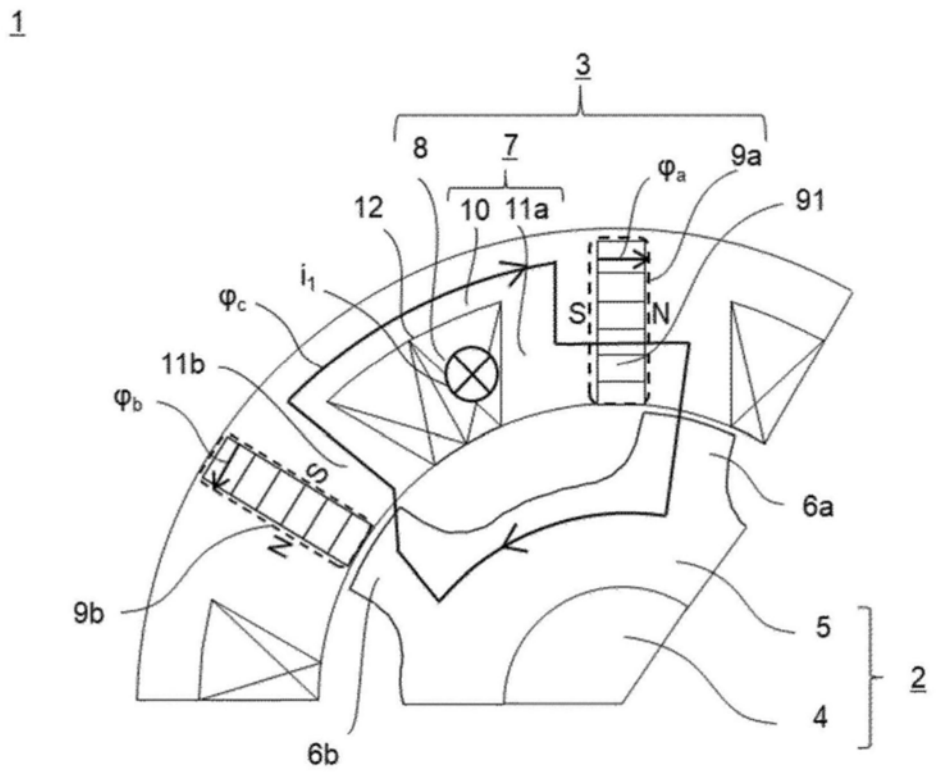


图4

1

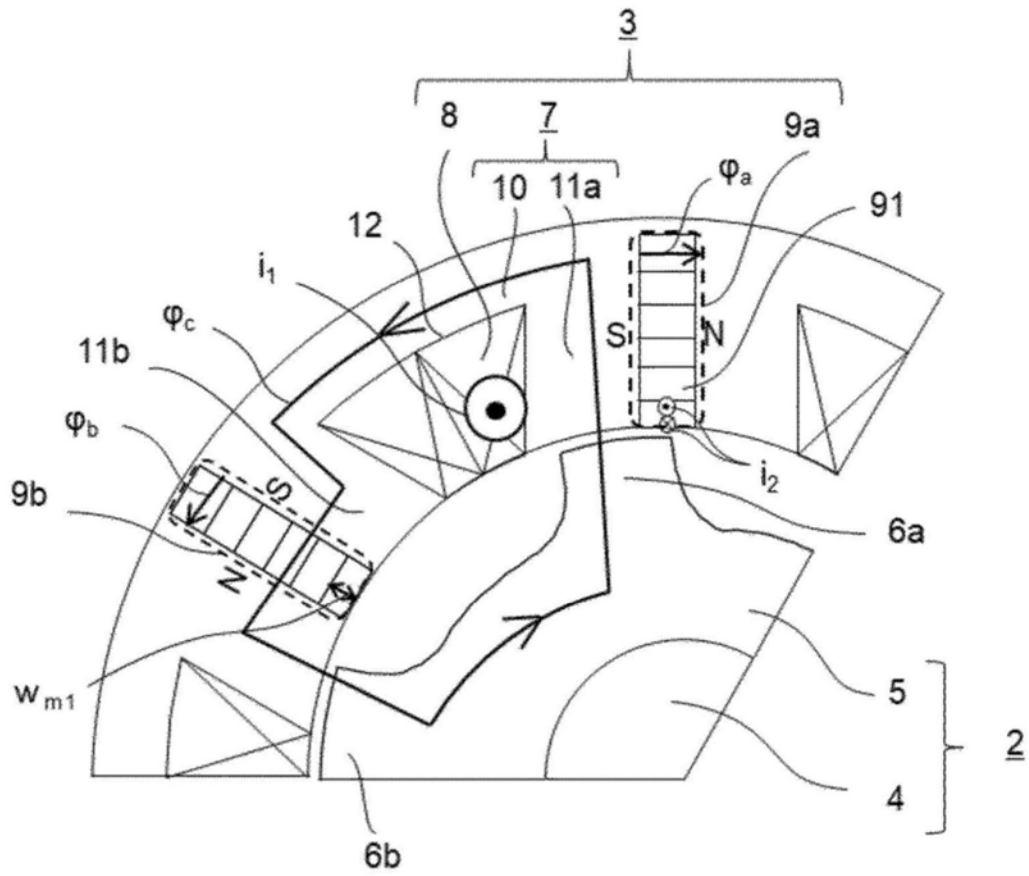


图5

9a

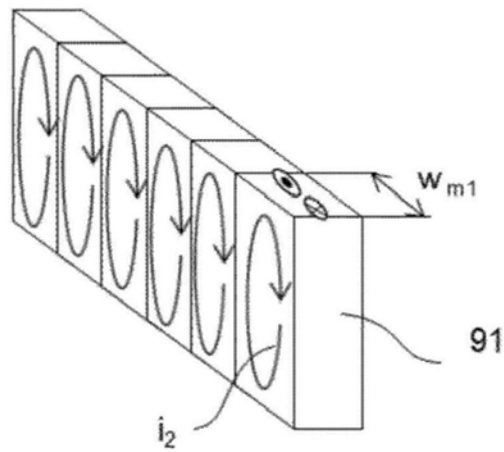


图6

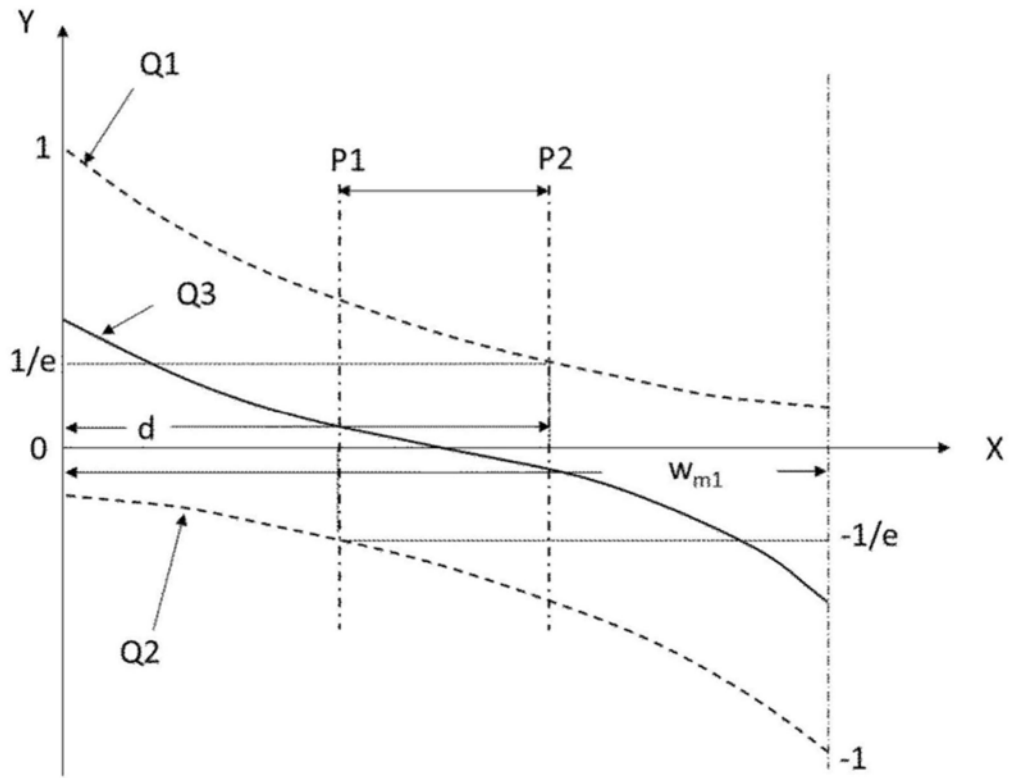


图7

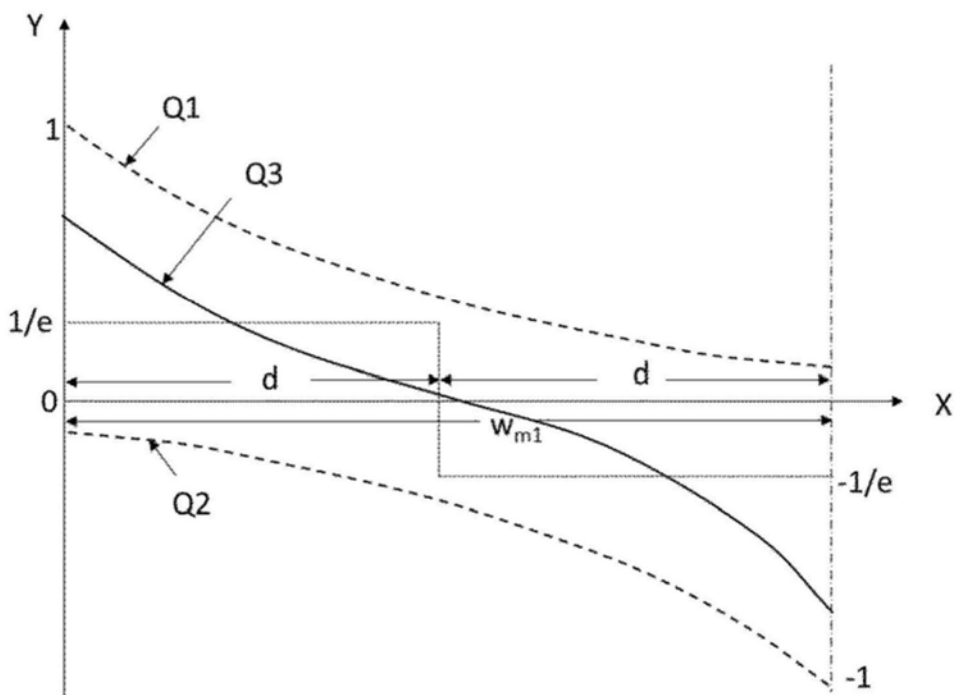


图8

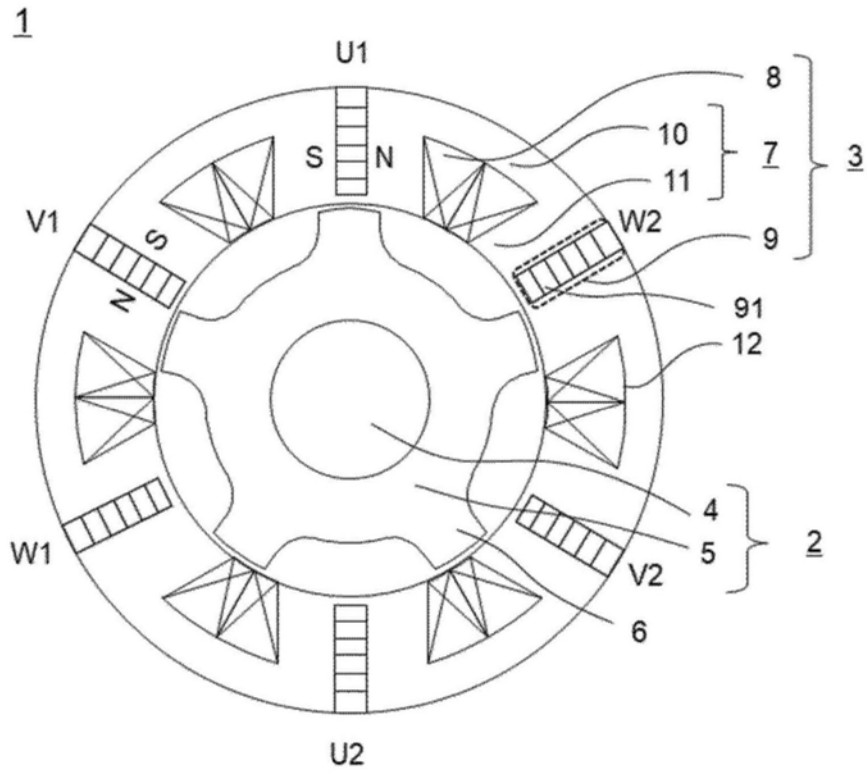


图9

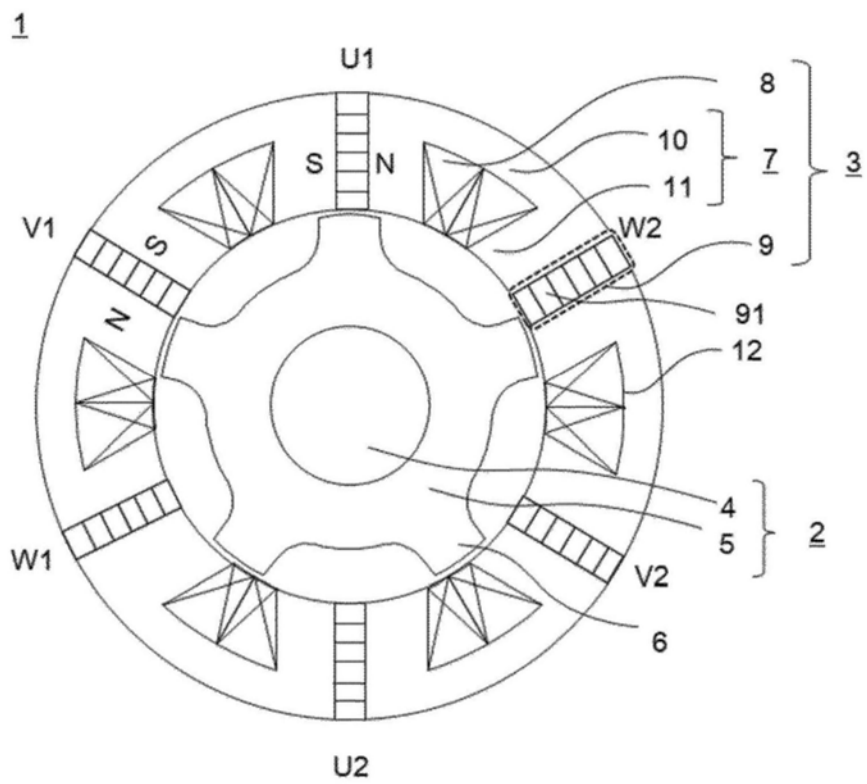


图10

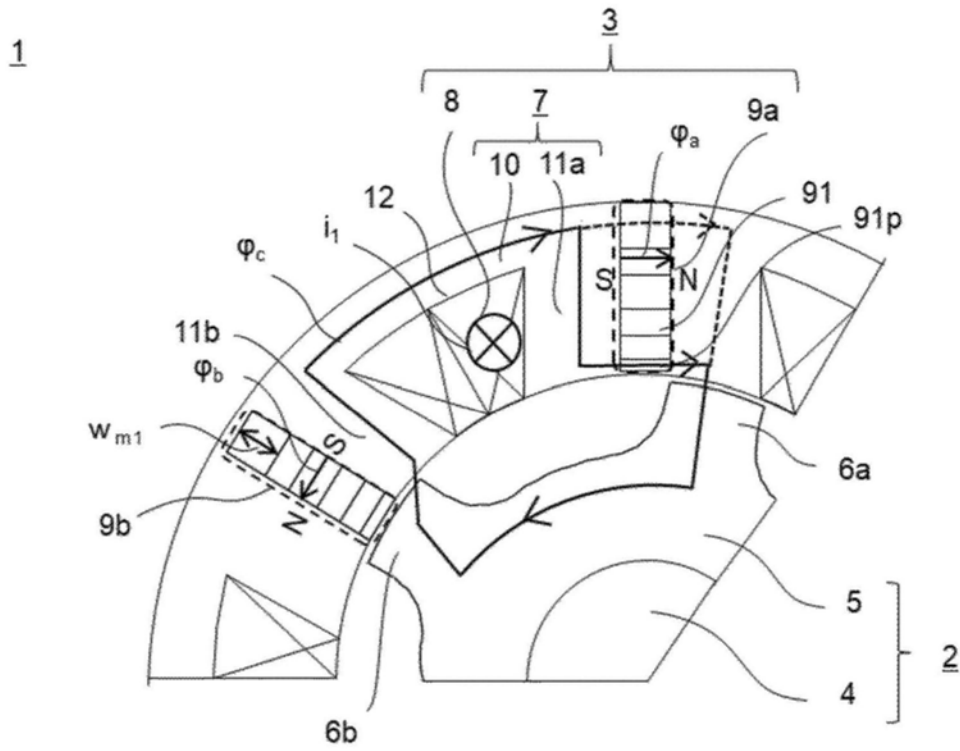


图11

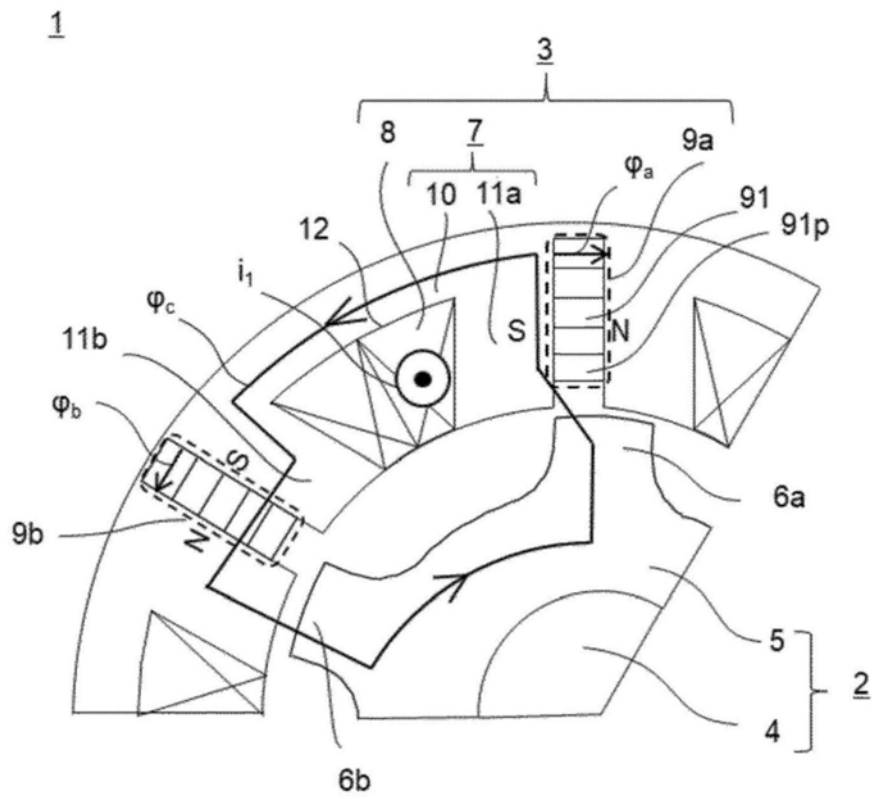


图12

1

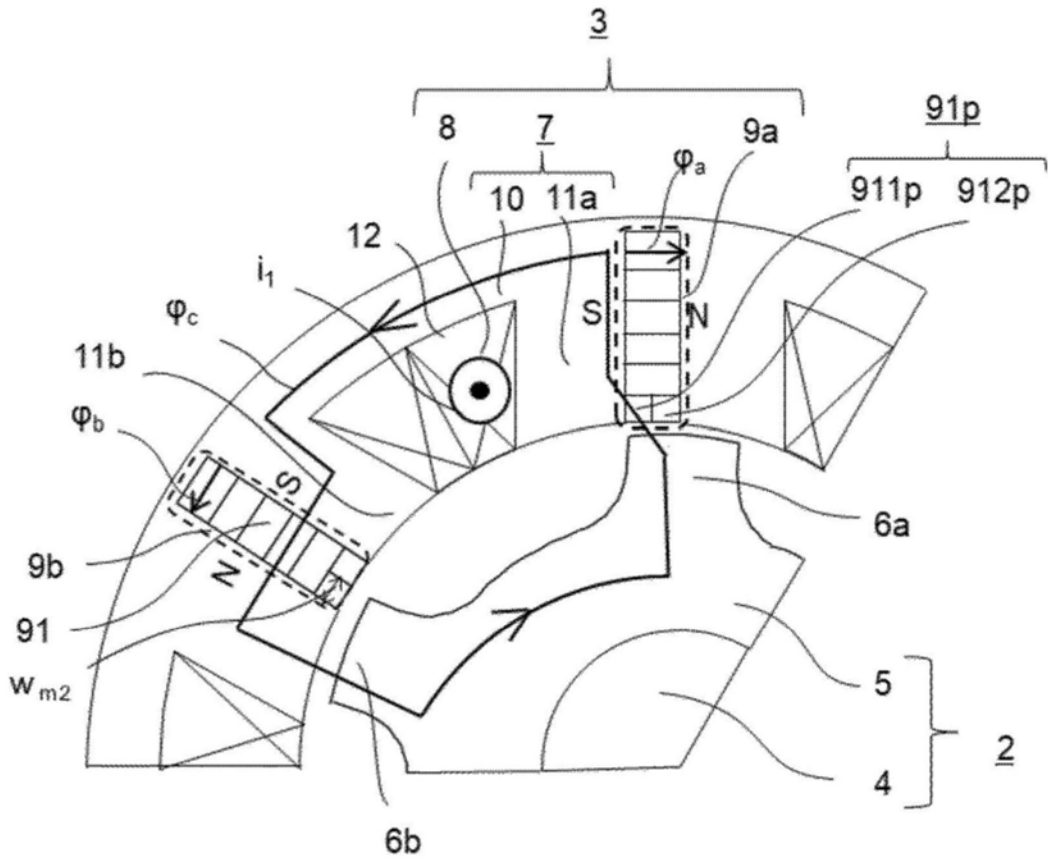


图13

9a

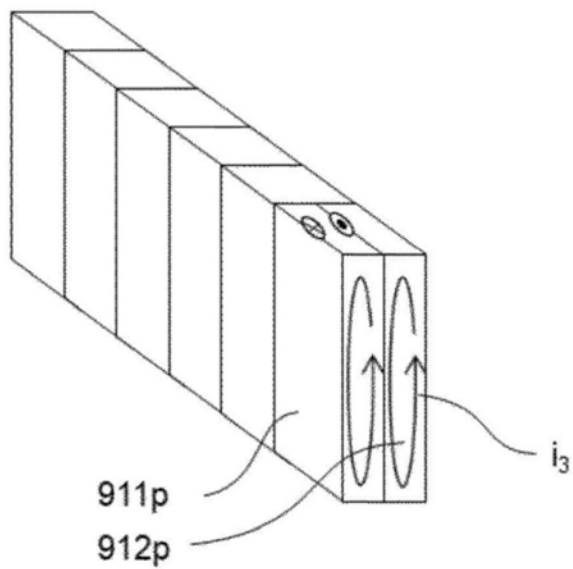


图14

1

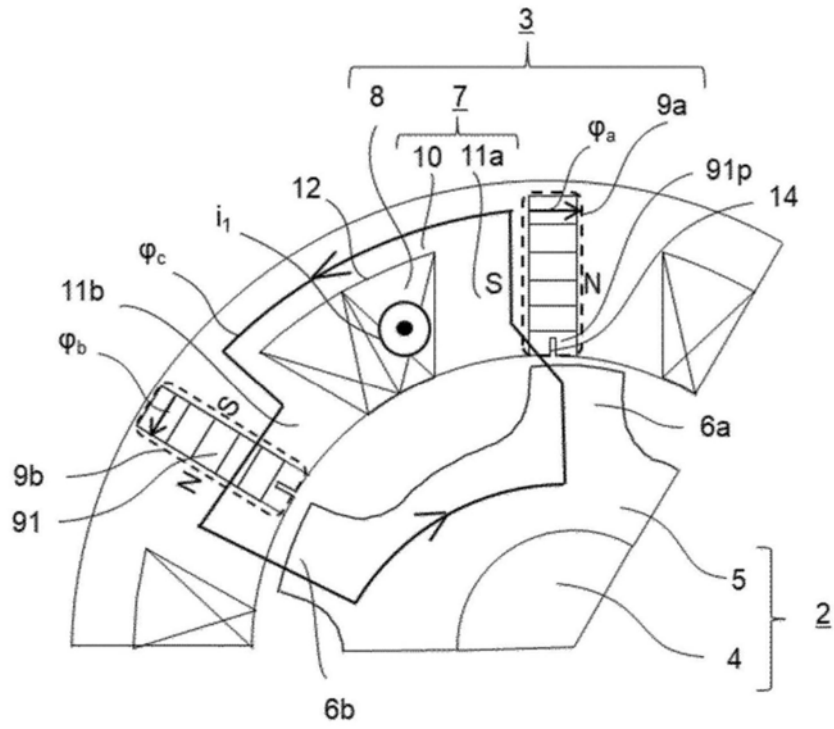


图15

1

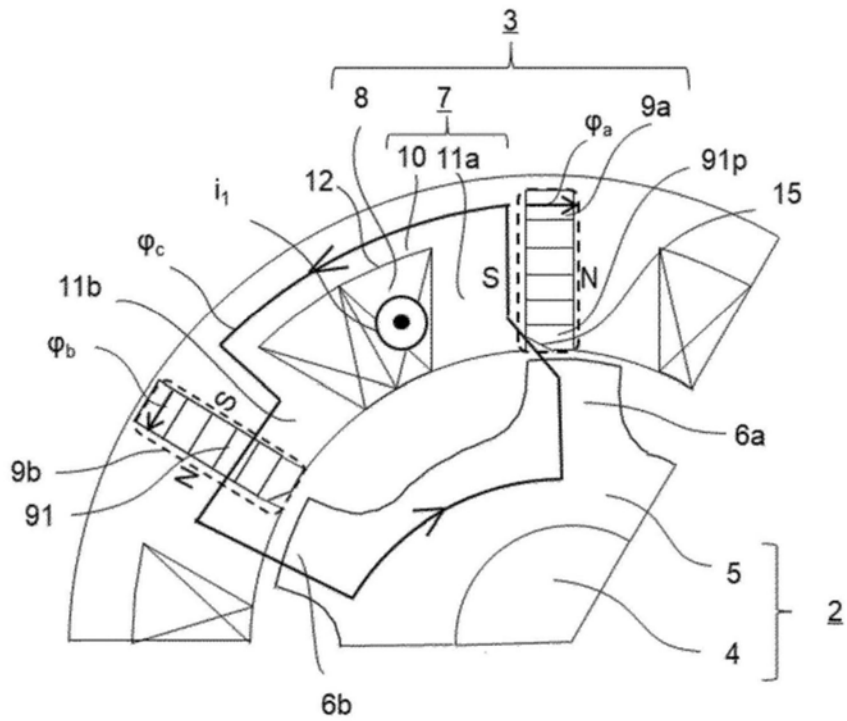


图16

1

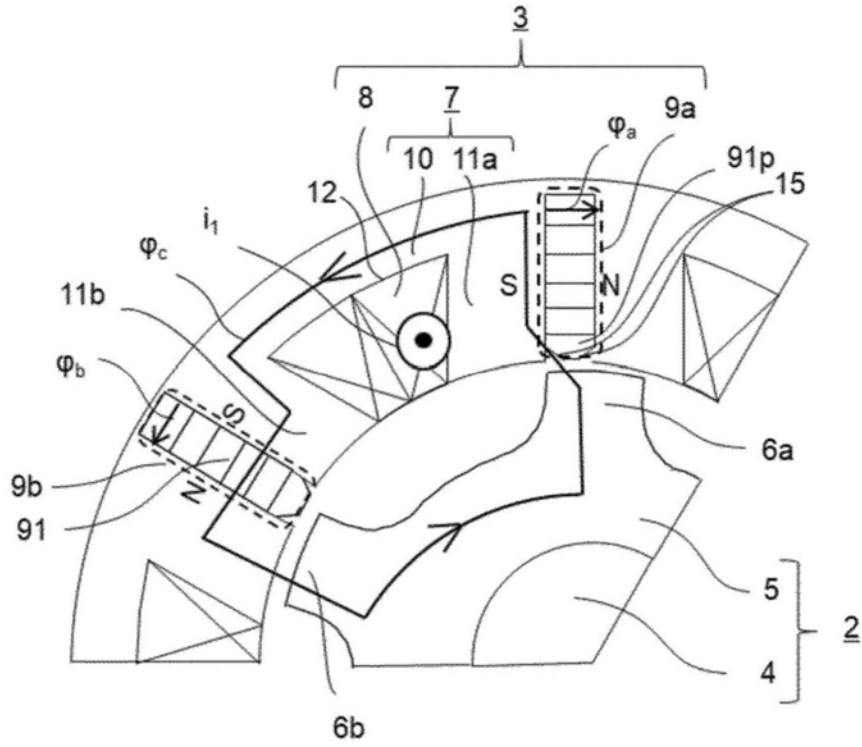


图17

1

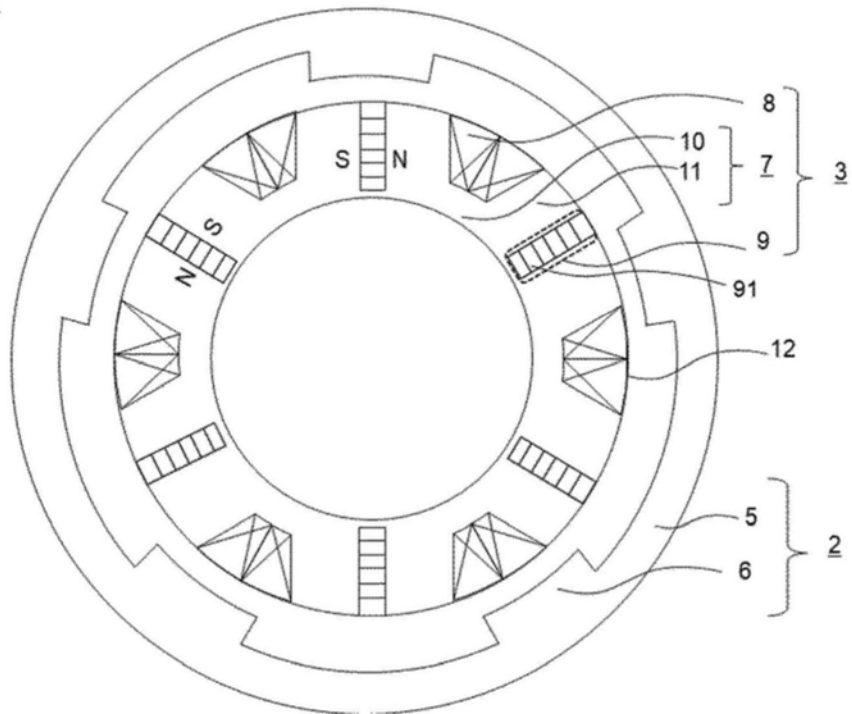


图18