



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103858327 A

(43) 申请公布日 2014. 06. 11

(21) 申请号 201180074083. 3

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公
司 31100

(22) 申请日 2011. 10. 14

代理人 韩俊 马淑香

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2014. 04. 10

(51) Int. Cl.
H02K 21/14 (2006. 01)

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2011/073664 2011. 10. 14

(87) PCT国际申请的公布数据
W02013/054439 JA 2013. 04. 18

(71) 申请人 三菱电机株式会社
地址 日本东京

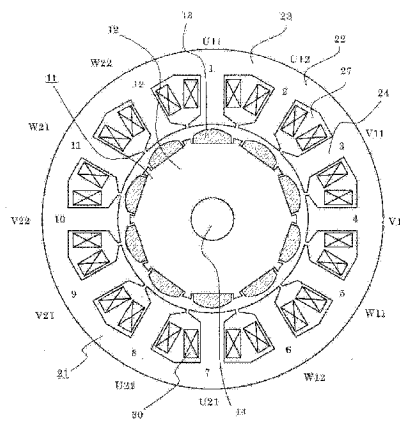
(72) 发明人 中野正嗣 阿久津悟 浅尾淑人
滝泽勇二 廣谷迪 瀧口隆一

权利要求书2页 说明书16页 附图12页

(54) 发明名称
永磁体型电动机

(57) 摘要

提供一种永磁体型电动机, 不仅能同时实现齿槽转矩降低和转矩脉动降低, 而且能同时实现小型轻量化及转矩脉动降低。对于两组三相电枢绕组, 在将第一电枢绕组 (30-1) 设定为 U1 相、V1 相、W1 相, 将第二电枢绕组 (30-2) 设定为 U2 相、V2 相、W2 相时, 对于两组三相电枢绕组, 在将第一电枢绕组设定为 U1 相、V1 相、W1 相, 将第二电枢绕组设定为 U2 相、V2 相、W2 相时, 呈在多个切槽 (27) 中的、任意彼此相邻的切槽的两者中收纳有 U1 相的配置, 或是, 呈在任意彼此相邻的切槽 (27) 的一方收纳有 U1 相和 U2 相中的至少一方的配置, U1 相、V1 相、W1 相与 U2 相、V2 相、W2 相彼此错开 20° ~ 40° 的电角度地被驱动, 另外, 定子铁心 (22) 的切槽开口宽度 W_s 满足: $W_s / (2 \pi R_s / N_s) \leq 0.15$, 其中, R_s : 定子铁心的内半径, N_s : 定子铁心的切槽数。



1. 一种永磁体型电动机,包括:
转子,该转子具有转子铁心和设于所述转子铁心的多个永磁体;以及
定子,该定子具有定子铁心和两组三相电枢绕组,其中,所述定子铁心具有多个极齿,
所述两组三相电枢绕组收纳在形成于所述定子铁心的多个切槽内,
所述永磁体型电动机成为一方的电枢绕组被从第一逆变器供给电流,另一方的电枢绕组被从第二逆变器供给电流,
其特征在于,
对于所述两组三相电枢绕组,
在将第一电枢绕组设定为 U1 相、V1 相、W1 相,
将第二电枢绕组设定为 U2 相、V2 相、W2 相时,
呈在多个所述切槽中的、任意彼此相邻的切槽的两者中收纳有所述第一电枢绕组的 U1 相的配置,或是
呈在任意彼此相邻的切槽的一方收纳有所述第一电枢绕组的 U1 相和所述第二电枢绕组的 U2 相中的至少一方的配置,
所述电枢绕组的 U1 相、V1 相、W1 相与 U2 相、V2 相、W2 相彼此错开 $20^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 的电角度地被驱动,
另外,所述定子铁心的切槽开口宽度 W_s 满足:
$$W_s / (2 \pi R_s / N_s) \leq 0.15,$$
其中, R_s :所述定子铁心的内半径, N_s :所述定子铁心的切槽数。
2. 如权利要求 1 所述的永磁体型电动机,其特征在于,
在多个所述极齿中的、任意彼此相邻的极齿的一方卷绕有所述第一电枢绕组的 U1 相的绕组,在另一方的极齿卷绕有第二电枢绕组的 U2 相的绕组,
在另一彼此相邻的极齿的一方卷绕有第一电枢绕组的 V1 相的绕组,在另一方的极齿卷绕有第二电枢绕组的 V2 相的绕组,
在又一彼此相邻的极齿的一方卷绕有第一电枢绕组的 W1 相的绕组,在另一方的极齿卷绕有第二电枢绕组的 W2 相的绕组。
3. 如权利要求 1 所述的永磁体型电动机,其特征在于,
所述定子铁心的彼此相邻的极齿的前端部彼此相连。
4. 如权利要求 1 所述的永磁体型电动机,其特征在于,
在所述转子的极数为 M 、所述定子铁心的切槽数为 N_s 时, M 与 N_s 的最大公约数 P 为三以上。
5. 如权利要求 1 所述的永磁体型电动机,其特征在于,
在所述转子的极数为 M 、所述定子铁心的切槽数为 N_s 时,满足 $M = 18n \pm 4n$ 、 $N_s = 18n$,其中, n 为整数。
6. 如权利要求 1 所述的永磁体型电动机,其特征在于,
在所述转子的极数为 M 、所述定子铁心的切槽数为 N_s 时,满足 $M = 12n \pm 2n$ 、 $N_s = 12n$,其中, n 为整数。
7. 如权利要求 1 所述的永磁体型电动机,其特征在于,
切槽开口宽度 W_s 比所述电枢绕组的线径小。

8. 如权利要求 1 所述的永磁体型电动机,其特征在于,
所述永磁体型电动机为径向长度比周向长度长的永磁体埋入所述转子铁心的结构。
9. 如权利要求 1 所述的永磁体型电动机,其特征在于,
所述永磁体的截面形状为长方形,其形状为径向长度比周向长度长的形状,
所述永磁体的磁化方向是使相邻的永磁体的相对面彼此为相同极的方向,
所述转子铁心夹设在相邻的永磁体之间,所述转子铁心的与定子一侧相对的面具有曲面部,该曲面部的曲面形状形成为在相邻的永磁体之间的中间位置处使所述转子铁心与所述定子间的空隙长度变短的凸状的曲面,
并且,以与所述永磁体的内径侧的端面接触的方式设置有非磁性部。
10. 如权利要求 1 所述的永磁体型电动机,其特征在于,
对于所述转子的极数 M ,所述转子的永磁体在周向上排列有 $M/2$ 个。
11. 如权利要求 10 所述的永磁体型电动机,其特征在于,
所述永磁体型电动机是径向长度比周向长度长的永磁体埋入所述转子铁心的结构,在所述永磁体的内径侧具有非磁性部,在相邻的永磁体之间具有非磁性部。
12. 如权利要求 1 所述的永磁体型电动机,其特征在于,
所述定子是所述电枢绕组为分布式卷绕的结构,另外,每极每相的切槽数为二以上的偶数。
13. 如权利要求 1 至 12 中任一项所述的永磁体型电动机,其特征在于,
所述永磁体型电动机沿与电动动力转向装置的齿条轴的移动方向平行的方向配置。

永磁体型电动机

技术领域

[0001] 本发明涉及一种永磁体型电动机,特别地涉及在车用电动动力转向装置中使用的电动机。

背景技术

[0002] 以往,例如专利文献 1 所示,提出了一种包括第一三相定子绕组和第二三相定子绕组的永磁体型电动机的结构。

[0003] 此外,在专利文献 2 中,公开了一种旋转电机,其特征是,具有第一三相绕组和第二三相绕组,第一三相绕组与上述第二三相绕组相互具有 $\pi/6$ 的相位差。

[0004] 现有技术文献

[0005] 专利文献

[0006] 专利文献 1 :日本专利特开平 7 - 264822 号公报

[0007] 专利文献 2 :日本专利特开 2010 - 268597 号公报

发明内容

[0008] 发明所要解决的技术问题

[0009] 但是,在专利文献 1 及专利文献 2 的结构中,由于切槽开口宽度较大,因此,存在非常容易受到转子侧的工作误差或永磁体的形状及磁特性偏差的影响,从而导致齿槽转矩增大。

[0010] 因而,这种电动机存在不适合齿槽转矩降低的要求非常高的用途,例如不适合车辆的电动动力转向装置的用途这一技术问题。

[0011] 本发明为解决上述这样的问题而作,其目的在于提供一种永磁体型电动机,其不仅能同时实现齿槽转矩降低和转矩脉动降低,而且还能同时实现小型轻量化和转矩脉动降低。

[0012] 解决技术问题所采用的技术方案

[0013] 本发明的永磁体型电动机,包括:

[0014] 转子,该转子具有转子铁心和设于上述转子铁心的多个永磁体;以及

[0015] 定子,该定子具有定子铁心和两组三相电枢绕组,其中,上述定子铁心具有多个极齿,上述两组三相电枢绕组收纳在形成于上述定子铁心的多个切槽内,

[0016] 上述永磁体型电动机成为一方的电枢绕组被从第一逆变器供给电流,另一方的电枢绕组被从第二逆变器供给电流,

[0017] 对于上述两组三相电枢绕组,

[0018] 在将第一电枢绕组设定为 U1 相、V1 相、W1 相,

[0019] 将第二电枢绕组设定为 U2 相、V2 相、W2 相时,

[0020] 呈在多个上述切槽中的、任意彼此相邻的切槽的两者中收纳有上述第一电枢绕组的 U1 相的配置,或是

[0021] 呈在任意彼此相邻的切槽的一方收纳有上述第一电枢绕组的 U1 相和上述第二电枢绕组的 U2 相中的至少一方的配置，

[0022] 上述电枢绕组的 U1 相、V1 相、W1 相与 U2 相、V2 相、W2 相彼此错开 $20^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 的电角度地被驱动，

[0023] 另外，上述定子铁心的切槽开口宽度 W_s 满足：

[0024] $W_s / (2 \pi R_s / N_s) \leq 0.15$ ，

[0025] 其中， R_s ：上述定子铁心的内半径， N_s ：上述定子铁心的切槽数。

[0026] 发明效果

[0027] 根据本发明，可获得一种不仅能同时实现齿槽转矩降低和转矩脉动降低，而且能同时实现小型轻量化和转矩脉动降低的永磁体型电动机，特别是，即便定子的切槽开口宽度较小，也能使因定子铁心的磁饱和而产生的六阶转矩脉动减小，从而能实现小型、高效率、低振动、低噪声的永磁体型电动机。

附图说明

[0028] 图 1 是表示本发明实施方式 1 的永磁体型电动机的剖视图。

[0029] 图 2 是表示本发明实施方式 2 的永磁体型电动机的剖视图。

[0030] 图 3 是表示本发明实施方式 3 的永磁体型电动机的剖视图。

[0031] 图 4 是表示实施方式 1 的永磁体型电动机的驱动电路的电路结构图。

[0032] 图 5 是表示现有的永磁体型电动机的转矩脉动与齿槽转矩间的关系的说明图。

[0033] 图 6 是表示本发明的永磁体型电动机的转矩脉动与齿槽转矩间的关系的说明图。

[0034] 图 7 是表示本发明及现有的永磁体型电动机的齿槽转矩波形的说明图。

[0035] 图 8 是表示本发明及现有的永磁体型电动机的转矩脉动波形的说明图。

[0036] 图 9 是表示本发明实施方式 4 的永磁体型电动机的剖视图。

[0037] 图 10 是表示实施方式 4 的永磁体型电动机的另一例的剖视图。

[0038] 图 11 是表示本发明实施方式 5 的永磁体型电动机的剖视图。

[0039] 图 12 是表示实施方式 1 的永磁体型电动机中的切槽开口部及其周边部的主要部分剖视图。

[0040] 图 13 是表示实施方式 1 的永磁体型电动机的电枢绕组的接线示例的说明图。

[0041] 图 14 是表示实施方式 2 的永磁体型电动机的电枢绕组的接线示例的说明图。

[0042] 图 15 是表示实施方式 4 的永磁体型电动机的电枢绕组的接线示例的说明图。

[0043] 图 16 是表示实施方式 5 的永磁体型电动机的另一例的剖视图。

[0044] 图 17 是表示本发明实施方式 6 的电动动力转向装置的示意结构图。

具体实施方式

[0045] 以下，使用附图，对本发明的电动动力转向用永磁体型电动机的优选实施方式进行说明。

[0046] 实施方式 1

[0047] 图 1 是实施方式 1 的永磁体型电动机 10 的剖视图，其示出了十极十二槽的例子。

[0048] 转子 11 在定子 21 的内侧设置成能自由旋转，其具有轴 14、设于轴 14 外侧的转子

铁心 12 及在转子铁心 12 的外周侧等间隔地设置十个的永磁体 13。

[0049] 定子 21 具有：圆环状的铁心基座(日文：コアバツク) 23；共计十二个极齿 24，这些极齿 24 从铁心基座 23 朝内径方向延伸；定子铁心 22，该定子铁心 22 在相邻的两个极齿 24 之间设置有切槽 27；以及电枢绕组 30，该电枢绕组 30 集中地卷绕在各极齿 24 上。

[0050] 另外，在图 1 中，为简洁起见，省略了设置在电枢绕组 30 与定子铁心 22 之间的绝缘体及设于定子铁心 22 外周的框架。

[0051] 此外，为了便于说明，对极齿 24 分配符号 1～12。另外，对于集中地卷绕在各极齿 24 上的电枢绕组(以下也称为“线圈”)30，为了便于说明，标注标号进行表示，以便能明白是 U、V、W 三个相中的哪一相的线圈。

[0052] 在 U、V、W 各相中，

[0053] U 相由 U11、U12、U21、U22 这四个线圈构成，

[0054] V 相由 V11、V12、V21、V22 这四个线圈构成，

[0055] W 相由 W11、W12、W21、W22 这四个线圈构成，

[0056] 如图 1 所示，各线圈与极齿 24-1～24-12 分别对应，为按照 U11、U12、V11、V12、W11、W12、U21、U22、V21、V22、W21、W22 的顺序排列的结构。

[0057] 此外，关于绕组的卷绕方向，

[0058] U11 与 U12 彼此相反；

[0059] U21 与 U22 彼此相反；

[0060] V11 与 V12 彼此相反；

[0061] V21 与 V22 彼此相反；

[0062] W11 与 W12 彼此相反；

[0063] W21 与 W22 彼此相反。

[0064] 在上述线圈中，如图 13 所示，

[0065] U11 与 U21 串联连接，来构成 U1 相的线圈，

[0066] V11 与 V21 串联连接，来构成 V1 相的线圈，

[0067] W11 与 W21 串联连接，来构成 W1 相的线圈，

[0068] 上述三个线圈以 N1 为中性点星形接线，来构成第一电枢绕组 30-1。

[0069] 此外，

[0070] U12 与 U22 串联连接，来构成 U2 相的线圈，

[0071] V12 与 V22 串联连接，来构成 V2 相的线圈，

[0072] W12 与 W22 串联连接，来构成 W2 相的线圈，

[0073] 上述三个线圈以 N2 为中性点星形接线，来构成第二电枢绕组 30-2。

[0074] 接着，对驱动电路进行说明。

[0075] 图 4 是包括实施方式 1 的电动机 10 和 ECU101 在内的电路结构图。

[0076] 电动机 10 是图 1 中所说明的极数为十、槽数为十二的永磁体型电动机 10。

[0077] 在图 4 中，为简洁起见，省略了细节，仅示出了电动机 10 的电枢绕组 30。

[0078] 电动机 10 的电枢绕组 30 由第一电枢绕组 30-1 和第二电枢绕组 30-2 构成，其中，上述第一电枢绕组 30-1 由第一 U 相绕组 U1、第一 V 相绕组 V1、第一 W 相绕组 W1 构成，上述第二电枢绕组 30-2 由第二 U 相绕组 U2、第二 V 相绕组 V2、第二 W 相绕组 W2 构成。

[0079] ECU101 为简洁起见也省略了细节,仅示出了逆变器的功率电路部。

[0080] ECU101 由两台逆变器 102 构成,其将三相的电流从各逆变器 102-1、102-2 供给到第一电枢绕组 30-1 及第二电枢绕组 30-2。

[0081] 从蓄电池等电源 103 将直流电源供给到 ECU101, ECU101 经由去除噪声用的线圈 104 而与电源继电器 105 连接。

[0082] 在图 4 中描绘的貌似电源 103 位于 ECU101 的内部,但实际上,从蓄电池等外部电源经由连接器供给电力。

[0083] 电源继电器 105 具有两个电源继电器 105-1、105-2,分别由两个 MOS - FET 构成,在发生故障时等情况下,打开电源继电器 105,以避免过大的电流流过。

[0084] 另外,在图 4 中,电源 103、线圈 104、电源继电器 105 依次连接,但电源继电器 105 也能设置在比线圈 104 更靠近电源 103 的位置处,这点是自不待言的。

[0085] 电容器 106-1、电容器 106-2 是平滑电容器。在图 4 中,电容器 106-1、106-2 分别由一个电容器构成,但也可以构成为将多个电容器并联连接而成,这点是自不待言的。

[0086] 逆变器 102-1 和逆变器 102-2 分别由使用了六个 MOS-FET 的电桥构成,在逆变器 102-1 中,将 MOS-FET107-1 与 MOS-FET107-2 串联连接,将 MOS-FET107-3 与 MOS-FET107-4 串联连接,将 MOS-FET107-5 与 MOS-FET107-6 串联连接,然后,将这三组 MOS-FET 并联连接。

[0087] 另外,在下侧的三个 MOS-FET107-2、107-4、107-6 的 GND (接地) 侧分别连接有一个分流电阻,以作为分流器 109-1、分流器 109-2、分流器 109-3。上述分流电阻用于检测电流值。

[0088] 另外,虽然示出了分流器为三个的例子,但也可以是两个分流器,由于即便是一个分流器,也能检测电流,因此,也可以是这样的结构,这点是自不待言的。

[0089] 电流向电动机 10 一侧的供给如图 4 所示,分别从 MOS-FET107-1、107-2 之间经由母线等供给到电动机 10 的 U1 相,从 MOS-FET107-3、107-4 之间经由母线等供给到电动机 10 的 V1 相,从 MOS-FET107-5、107-6 之间经由母线等供给到电动机 10 的 W1 相。

[0090] 逆变器 102-2 也为相同的结构,在逆变器 102-2 中,将 MOS-FET108-1 与 MOS-FET108-2 串联连接,将 MOS-FET108-3 与 MOS-FET108-4 串联连接,将 MOS-FET108-5 与 MOS-FET108-6 串联连接,然后,将这三组 MOS-FET 并联连接。

[0091] 另外,在下侧的三个 MOS-FET108-2、108-4、108-6 的 GND (接地) 侧分别连接有一个分流电阻,以作为分流器 110-1、分流器 110-2、分流器 110-3。

[0092] 上述分流电阻用于检测电流值。另外,虽然示出了分流器为三个的例子,但也可以是两个分流器,由于即便是一个分流器,也能检测电流,因此,也可以是这样的结构,这点是自不待言的。

[0093] 电流向电动机 10 一侧的供给如图 4 所示,分别从 MOS-FET108-1、108-2 之间经由母线等供给到电动机 10 的 U2 相,从 MOS-FET108-3、108-4 之间经由母线等供给到电动机 10 的 V2 相,从 MOS-FET108-5、108-6 之间经由母线等供给到电动机 10 的 W2 相。

[0094] 根据由电动机 10 所具有的旋转角度传感器 111 检测出的旋转角度来将信号从控制电路(未图示)发送至 MOS-FET,从而将两台逆变器 102-1、102-2 开闭,以将所希望的三相电流供给到第一电枢绕组 30-1、第二电枢绕组 30-2。

[0095] 另外,旋转角度传感器 111 使用解析器、GMR 传感器、MR 传感器等。

[0096] 图 12 是表示定子铁心 22 的切槽开口部 28、切槽开口部及其周边部的主要部分剖视图。为简洁起见,极齿 24 仅示出三个,永磁体 13 的磁极仅示出三个极。

[0097] 定子铁心 22 具有极齿 24 和极齿前端部 26,其中,上述极齿 24 从圆环状的铁心基座 23 朝内径侧延伸,上述极齿前端部 26 具有在周向上扩展的形状。在相邻的极齿 24 之间设置有切槽开口部 28,相邻的极齿 24 以接合面 38 接合。

[0098] 在定子铁心 22 的外周侧,通过压入或烧嵌的方式固定有框架 35。

[0099] 在定子铁心 22 的切槽 27 中设置有绝缘体 37,该绝缘体 37 用于确保定子铁心 22 与电枢绕组 30 之间的电绝缘。

[0100] 电枢绕组 30 集中地卷绕在各极齿 24 上。

[0101] 正如先前所述,线圈 U11 与线圈 U12 彼此朝相反方向卷绕,来构成 U1 相和 U2 相。只要 U1 相与 U2 相的相位差相同、或是仅具有 $20^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 这样较小的相位差,就能使很大的电流在上述两个线圈中同时流过。

[0102] 此时,在相邻的极齿 24 间的磁路 36 中会产生漏磁通。虽然上述漏磁通无益于电动机 10 的转矩,但会提高极齿 24 的磁通密度,在定子铁心 22 上产生磁饱和,其结果是,存在六阶(以电角度 360 度周期的分量为二阶)转矩脉动会增大这样的技术问题。

[0103] 即,当形成在定子铁心 22 的彼此相邻的切槽 27 两者中容纳有 U1 相和 U2 相中的至少一方的电阻绕组 30 这样的配置的情况下,漏磁通会增多,从而具有上述那样的技术问题。

[0104] 针对上述技术问题,若增大切槽开口部 28 的切槽开口宽度 W_s ,虽然能够减少漏磁通,但在切槽开口宽度 W_s 较大时,存在如下技术问题:会使磁导的波动变大,使转子 11 一侧的形状误差、永磁体 13 的形状、磁特性的偏差的影响增大,并使阶数与槽数 N_s 一致的齿槽转矩增大。

[0105] 因此,在现有技术中,无法同时实现每旋转一圈的阶数与切槽数 N_s 一致的齿槽转矩的降低和六阶转矩脉动的降低。

[0106] 图 5 是表示现有的永磁体型电动机的切槽开口宽度、齿槽转矩及转矩脉动间的关系的图。

[0107] 横轴是使用切槽间距将切槽开口宽度 W_s 标准化后的参数。切槽间距是将以定子内半径 R_s 为半径的圆的圆周长除以切槽数 N_s 后得到的值。即,将 $W_s / (2\pi R_s / N_s)$ 作为参数。

[0108] 随着切槽开口宽度 W_s 增大,十二阶($N_s = 12$)齿槽转矩急剧增加。

[0109] 另一方面,切槽开口宽度越小,转矩脉动越大。这就是先前说明的、因以切槽开口部 28 为磁路 36 而漏出的磁通的影响而在定子铁心 22 上产生磁饱和的结果。

[0110] 另一方面,使用图 4 所示的两组三相逆变器 102-1、102-2 对图 1 的电动机 10 进行驱动的情况如图 6 所示。由于齿槽转矩不会受到驱动电路及绕组影响,因此,示出了与图 5 相同的值。另一方面,转矩脉动在整个范围内降低。

[0111] 这是由于通过将第一电枢绕组 30-1 与第二电枢绕组 30-2 的相位差设定为 $20^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 的电角度、最好是 30° 的电角度,就可降低转矩脉动的六阶分量的缘故。上述相位差既可以根据电动机 10 的驱动状态而变化,也可以例如固定在 30° 上。

[0112] 特别是,示出了与现有相比转矩脉动降低效果较大是在切槽开口宽度 W_s 较小的

情况下出现的,即使在定子铁心 22 上产生磁饱和,也能利用两组三相逆变器 102-1、102-2 来降低转矩脉动的六阶分量。

[0113] 在设定为 $W_s / (2\pi R_s / N_s) \leq 0.15$ 时,

[0114] 可知,能够同时实现 N_s 阶齿槽转矩的降低和六阶转矩脉动的降低。

[0115] 图 7 表示齿槽转矩波形。横轴表示旋转角度(机械角),纵轴表示齿槽转矩。以往,每旋转一圈含有很多十二阶(与切槽数 N_s 一致)的齿槽转矩,在本发明中,十二阶的齿槽转矩较小,被大幅降低了。

[0116] 图 8 表示转矩脉动波形。

[0117] 横轴表示旋转角度(电角度),纵轴表示转矩脉动。可知,电角度的六阶分量被大幅降低了。

[0118] 在本例中,对在定子铁心 22 的彼此相邻的切槽 27 两者中收纳有 U1 相和 U2 相中的至少一方的电枢绕组 30 这样配置的情况进行了说明,但不局限于此,即便在彼此相邻的切槽 27 两者中收纳有 U1 相的情况下,也能获得相同的效果。

[0119] 此外,在图 13 中,示出了星形接线的示例,但即便是三角形接线,也能获得同样的效果。

[0120] 因此,在像本实施方式 1 这样的永磁体型电动机 10 中,包括:

[0121] 转子 11,该转子 11 具有转子铁心 12 和设于该转子铁心的多个永磁体 13;以及

[0122] 定子 21,该定子 21 具有定子铁心 22 和两组三相电枢绕组 30,其中,上述定子铁心 22 具有多个极齿 24,上述两组三相电枢绕组 30 被收纳在形成于上述定子铁心的多个切槽 27 内,

[0123] 上述永磁体型电动机 10 构成为一方的电枢绕组 30-1 被从第一逆变器 102-1 供给电流,另一方的电枢绕组 30-2 被从第二逆变器 102-2 供给电流,

[0124] 对于上述两组三相电枢绕组,

[0125] 在将第一电枢绕组 30-1 设定为 U1 相、V1 相、W1 相,

[0126] 将第二电枢绕组 30-2 设定为 U2 相、V2 相、W2 相时,

[0127] 形成为在多个上述切槽 27 中的、任意彼此相邻的切槽两者中收纳有上述第一电枢绕组的 U1 相的配置,

[0128] 上述电枢绕组的 U1 相、V1 相、W1 相与 U2 相、V2 相、W2 相彼此错开 $20^\circ \sim 40^\circ$ 的电角度地被驱动,

[0129] 另外,若上述定子铁心 22 的切槽开口宽度 W_s 为 $W_s / (2\pi R_s / N_s) \leq 0.15$

[0130] 的结构,则能减小因定子铁心的磁饱和而产生的六阶转矩脉动,从而能获得小型、高效、低振动、低噪声的电动机,

[0131] 其中, R_s :上述定子铁心的内半径, N_s :上述定子铁心的切槽数。

[0132] 此外,可获得能同时实现阶数与切槽数一致的齿槽转矩的降低这样的效果。

[0133] 若将切槽开口宽度 W_s 预先形成为比线圈的线径 D_c 小的结构,则线圈不会从切槽 27 朝转子 11 一侧脱出,从而还可获得线圈不会被夹在转子 11 与定子 21 的空隙部分这样的效果。

[0134] 此外,若采用实施方式 1 的结构,则具有能减小极齿宽度及铁心基座的厚度来实现电动机小型化这样的效果。

[0135] 若图 12 的极齿宽度 W_t 较小,则极齿 24 部分的磁通密度增高,产生磁饱和,而使六阶(将电角度 360 度周期设为一阶)转矩脉动大幅增加。特别是,在减小切槽开口宽度 W_s ,而满足

$$[0136] \quad W_s / (2 \pi R_s / N_s) \leq 0.15$$

[0137] 的情况下,上述影响变得明显。

[0138] 但是,若采用实施方式 1 的结构永磁体型电动机 10,由于即便在铁心上产生磁饱和,也能降低六阶转矩脉动,因此,能增加切槽 27 的截面积,并能减小电枢绕组电阻,因而,具有能够获得小型、高输出的电动机这样的效果。

[0139] 在使用稀土类的永磁体来作为永磁体 13 的情况下,对于极齿宽度 W_t ,在其最小的部位处,能形成为

$$[0140] \quad 0.50 \leq W_t / (2 \pi R_s / N_s) \leq 0.65,$$

[0141] 能确保切槽截面积较大。其中, R_s 为定子铁心 22 的内半径, N_s 为定子铁心 22 的切槽数。

[0142] 对于铁心基座厚度 W_c 亦是如此。若铁心基座厚度 W_c 较小,则极齿 23 部分的磁通密度增高,产生磁饱和,而使六阶(将电角度 360 度周期设为一阶)转矩脉动大幅增加。

[0143] 特别是,在减小切槽开口宽度,而满足

$$[0144] \quad W_s / (2 \pi R_s / N_s) \leq 0.15$$

[0145] 的情况下,上述影响变得明显。

[0146] 但是,若采用实施方式 1 的结构永磁体型电动机 10,由于即便在铁心上产生磁饱和,也能降低六阶转矩脉动,因此,能增加切槽 27 的截面积,并能减小电枢绕组电阻,因而,具有能够获得小型、高输出的电动机这样的效果。

[0147] 由于铁心基座 23 不会特别地对电动机 10 的直径造成影响,因此,也具有有利于电动力转向装置的省空间化这样的效果。

[0148] 在使用稀土类的永磁体来作为永磁体 13 的情况下,对于铁心基座厚度 W_c ,在其最小的部位处,能形成为

$$[0149] \quad 0.18 \leq W_c / (2 \pi R_s / M) \leq 0.50,$$

[0150] 能减小电动机 10 的外径。

[0151] 其中, R_s 为定子铁心 22 的内半径, M 为极数。

[0152] 实施方式 2

[0153] 图 2 是实施方式 2 的永磁体型电动机 10 的剖视图。

[0154] 定子 21 具有:圆环状的铁心基座 23;共计十八个极齿 24,这些极齿 24 从铁心基座 23 朝内径方向延伸;定子铁心 22,该定子铁心 22 在相邻的两个极齿 24 之间设置有切槽 27;以及电枢绕组 30,该电枢绕组 30 集中地卷绕在各极齿 24 上。

[0155] 另外,在图 2 中,为简洁起见,省略了设置在电枢绕组 30 与定子铁心 22 之间的绝缘体及设于定子铁心外周的框架。此外,为了便于说明,对极齿 24 分配符号 1 ~ 18。

[0156] 另外,对于集中地卷绕在各极齿 24 上的电枢绕组(线圈)30,为了便于说明,标注标号进行表示,以便能明白是 U、V、W 三个相中的哪一相的线圈。

[0157] 在 U、V、W 各相中,

[0158] U 相由 U11、U12、U13、U21、U22、U23 这六个线圈构成,

[0159] V 相由 V11、V12、V13、V21、V22、V23 这六个线圈构成，

[0160] W 相由 W11、W12、W13、W21、W22、W23 这六个线圈构成，

[0161] 如图 1 所示，各线圈与极齿 24-1 ~ 24-18 分别对应，为按照 U11、V11、V12、W11、U12、U13、V13、W12、W13、U21、V21、V22、W21、U22、U23、V23、W22、W23 的顺序排列的结构，即，呈至少在定子铁心 22 的彼此相邻的切槽 27 的一方中容纳有 U1 相和 U2 相中的至少一方的电枢绕组的配置。

[0162] U11、U12 及 U13 串联连接，来构成作为第一 U 相绕组的 U1 相。此时，U12 的线圈卷绕方向与 U11 及 U13 的线圈的卷绕方向为相反方向。

[0163] 此外，U21、U22 及 U23 串联连接，来构成作为第二 U 相绕组的 U2 相。此时，U22 的线圈卷绕方向与 U21 及 U23 的线圈的卷绕方向为相反方向。

[0164] V11、V12 及 V13 串联连接，来构成作为第一 V 相绕组的 V1 相。

[0165] 此时，V12 的线圈卷绕方向与 V11 及 V13 的线圈的卷绕方向为相反方向。

[0166] 此外，V21、V22 及 V23 串联连接，来构成作为第二 V 相绕组的 V2 相。此时，V22 的线圈卷绕方向与 V21 及 V23 的线圈的卷绕方向为相反方向。

[0167] W11、W12 及 W13 串联连接，来构成作为第一 W 相绕组的 W1 相。此时，W12 的线圈卷绕方向与 W11 及 W13 的线圈的卷绕方向为相反方向。

[0168] 此外，W21、W22 及 W23 串联连接，来构成作为第二 W 相绕组的 W2 相。此时，W22 的线圈卷绕方向与 W21 及 W23 的线圈的卷绕方向为相反方向。

[0169] 图 14 示出了上述十八个线圈是如何连接的。

[0170] 在线圈中，如图 14 所示，

[0171] U11、U12 及 U13 串联连接，来构成 U1 相的线圈，

[0172] V11、V12 及 V13 串联连接，来构成 V1 相的线圈，

[0173] W11、W12 及 W13 串联连接，来构成 W1 相的线圈，

[0174] 上述三个线圈以 N1 为中性点星形接线，来构成第一电枢绕组 30-1。

[0175] 此外，

[0176] U21、U22 及 U23 串联连接，来构成 U2 相的线圈，

[0177] V21、V22 及 V23 串联连接，来构成 V2 相的线圈，

[0178] W21、W22 及 W23 串联连接，来构成 W2 相的线圈，

[0179] 上述三个线圈以 N2 为中性点星形接线，来构成第二电枢绕组 30-2。

[0180] 电动机 10 是转子 11 的极数为十四、定子 21 的切槽数为十八的电动机，转子 11 在定子 21 的内侧设置成能自由旋转。转子 11 具有作为转轴的轴 14 和在轴 14 的外侧设置的转子铁心 12。

[0181] 永磁体 13 呈其径向长度比周向长度长的形状，在周向上等间隔地排列有十四个上述永磁体 13。永磁体 13 的磁化方向朝使图 2 所示的 N 和 S 分别成为 N 极、S 极这样的方向磁化。

[0182] 即，以使相邻的永磁体 13 的相对面彼此为相同极的方式进行磁化。通过设置这样的磁化方向，使磁通集中在旋转铁心 12 上，而具有提高磁通密度这样的效果。

[0183] 此外，在相邻的永磁体 13 之间夹设有转子铁心 12。上述转子铁心 12 的、与定子 21 一侧相对的面具有曲面部 31，该曲面的形状形成为在相邻的永磁体 13 之间的中间位置

处使与定子 21 间的空隙长度变短的凸状的曲面。

[0184] 由于能利用这种形状来使在空隙处产生的磁通密度的波形光滑,因此,能减小齿槽转矩及转矩脉动。

[0185] 另外,在与永磁体 13 的内径侧的端面接触的方式设置非磁性部 32。该部分既可以是空气,也可以填充树脂,还可以插入不锈钢或铝这样的非磁性的金属。

[0186] 通过这样,能降低永磁体 13 的漏磁通。

[0187] 在相邻的永磁体 13 间的转子铁心 12 和以将轴 14 的外周包围的方式设置的转子铁心 12 之间,设置有连接部 34。该连接部 34 具有将两者机械连接的作用。由于上述连接部 34 的径向长度比周向长度长,因此,能使磁通集中在转子铁心 12 上,而成为高转矩。

[0188] 在永磁体 13 埋入转子铁心 12 的结构中,与表面磁体型相比,存在转矩脉动变大、振动噪声变大这样的技术问题,但通过如图 14 所示设置电枢绕组 30 的接线结构,然后使用图 4 所示的两组三相逆变器 102-1、102-2 进行驱动,并将第一电枢绕组 30-1 与第二电枢绕组 30-2 的相位差设定为 $20^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 的电角度,最好设为 30° 的电角度,藉此,能降低六阶转矩脉动。

[0189] 另外,通过形成为使上述定子铁心 22 的切槽开口宽度 W_s 满足下式的结构,

$$[0190] \quad W_s / (2 \pi R_s / N_s) \leq 0.15$$

[0191] 其中, R_s :上述定子铁心的内半径, N_s :上述定子铁心的切槽数

[0192] 不仅能大幅降低阶数与 N_s 相一致的齿槽转矩,而且即便因漏磁通而在定子铁心 22 上产生磁饱和,也能够降低六阶转矩脉动。

[0193] 另外,在十四极十八槽中,能减小空间阶数为两阶的电磁施振力,从而变为低振动、低噪声。即,能同时实现高转矩化和低振动、低噪声化。除了图 2 的示例之外,只要是极数 $M = 18n \pm 4n$ 、切槽数 $N_s = 18n$ (n 为整数),也能获得相同的效果。

[0194] 实施方式 3

[0195] 图 3 是实施方式 3 的永磁体型电动机 10 的剖视图。

[0196] 转子 11 在定子 21 的内侧设置成能自由旋转,其具有轴 14、设于轴 14 外侧的转子铁心 12 及在转子铁心 12 的外周侧等间隔地设置二十个的永磁体 13。

[0197] 定子 21 具有:圆环状的铁心基座 23;共计二十四个极齿 24,这些极齿 24 从铁心基座 23 朝内径方向延伸;定子铁心 22,该定子铁心 22 在相邻的两个极齿 24 之间设置有切槽 27;以及电枢绕组 30,该电枢绕组 30 集中地卷绕在各极齿 24 上。

[0198] 另外,在图 3 中,为简洁起见,省略了设置在电枢绕组 30 与定子铁心 22 之间的绝缘体及设于定子铁心 22 外周的框架。

[0199] 此外,为了便于说明,对极齿 24 分配符号 1 ~ 24。另外,对于集中地卷绕在各极齿 24 上的电枢绕组 30 (线圈),为了便于说明,标注标号进行表示,以便能明白是 U、V、W 三个相中的哪一相的线圈。

[0200] 在 U、V、W 各相中,

[0201] U 相由 U11、U12、U21、U22、U31、U32、U41、U42 这八个线圈构成,

[0202] V 相由 V11、V12、V21、V22、V31、V32、V41、V42 这八个线圈构成,

[0203] W 相由 W11、W12、W21、W22、W31、W32、W41、W42 这八个线圈构成,

[0204] 如图 3 所示,各线圈与极齿 24-1 ~ 24-24 分别对应,为按照 U11、U12、V11、V12、

W11、W12、U21、U22、V21、V22、W21、W22、U31、U32、V31、V32、W31、W32、U41、U42、V41、V42、W41、W42 的顺序排列的结构。

[0205] 此外,在线圈的卷绕方向上,

[0206] U11 与 U12 彼此相反,U21 与 U22 彼此相反,

[0207] U31 与 U32 彼此相反,U41 与 U42 彼此相反,以下,V 相、W 相亦是如此。

[0208] 将上述线圈星形接线或三角形接线来构成两组三相电枢绕组 30。

[0209] 在构成两组电枢绕组 30 时,由 U11、U21、U31、U41、V11、V21、V31、V41、W11、W21、W31、W41 构成第一电枢绕组 30-1,由 U12、U22、U32、U42、V12、V22、V32、V42、W12、W22、W32、W42 构成第二电枢绕组 30-2。

[0210] 在图 3 的结构中,由于转子 11 的永磁体 13 的径向长度比周向长度长,因此,能使磁通集中在转子铁心 12 上,而成为高转矩。

[0211] 在永磁体 13 埋入转子铁心 12 的结构中,与表面磁体型相比,存在电磁施振力变大、振动噪声变大这样的技术问题,但通过使用图 4 所示的两组三相逆变器 102-1、102-2 进行驱动,并将第一电枢绕组 30-1 与第二电枢绕组 30-2 的相位差设定为 $20^\circ \sim 40^\circ$ 的电角度,最好设为 30° 的电角度,藉此,能降低六阶转矩脉动。

[0212] 另外,通过形成为使定子铁心 22 的切槽开口宽度 W_s 满足下式的结构,

[0213] $W_s / (2\pi R_s / N_s) \leq 0.15$

[0214] 其中, R_s :上述定子铁心的内半径, N_s :上述定子铁心的切槽数

[0215] 不仅能大幅降低阶数与 N_s 相一致的齿槽转矩,而且即便因漏磁通而在定子铁心 22 上产生磁饱和,也能够降低六阶转矩脉动。

[0216] 另外,在二十极二十四槽中,在极数为 M 、切槽数为 N_s 时, M 与 N_s 的最大公约数 P 为四,而成为三以上的值。

[0217] 此时,能减小空间阶数为两阶的电磁施振力,而变为低振动、低噪声。即,能同时实现高转矩化和低振动、低噪声化。只要 P 为三以上,则能获得相同的效果。

[0218] 除了图 3 的示例之外,只要是极数 $M = 12n \pm 2n$ 、切槽数 $N_s = 12n$ (n 为二以上的整数),也能获得相同的效果。

[0219] 实施方式 4

[0220] 图 9 是实施方式 4 的永磁体型电动机 10 的剖视图。

[0221] 转子 11 在定子 21 的内侧设置成能自由旋转,其具有轴 14、设于轴 14 外侧的转子铁心 12 及在转子铁心 12 的外周侧等间隔地设置八个的永磁体 13。

[0222] 定子 21 具有:圆环状的铁心基座 23;共计四十八个极齿 24,这些极齿 24 从铁心基座 23 朝内径方向延伸;定子铁心 22,该定子铁心 22 在相邻的两个极齿 24 之间设置有切槽 27;以及电枢绕组 30,该电枢绕组 30 分布地卷绕在各切槽 27 中。

[0223] 这是每极每相的切槽数为二的示例。

[0224] 另外,在图 9 中,为简洁起见,省略了设置在电枢绕组 30 与定子铁心 22 之间的绝缘体及设于定子铁心 22 外周的框架。

[0225] 此外,为了便于说明,对切槽 27 分配符号 1 ~ 6。

[0226] 收纳在切槽 27-1 ~ 27-6 中的线圈依次为 U11、U12、W11、W12、V11、V12,然后向右旋转,切槽 27-7 ~ 27-12 中依次为 U21、U22、W21、W22、V21、V22。

[0227] 概括来说,对于切槽 27 的编号 $m, m+1, m+2, m+3, m+4, m+5$, 依次为 $Um1, Um2, Wm1, Wm2, Vm1, Vm2$ 。其中, m 表示 $1 \sim 8$ 的整数。

[0228] 另外, $Um1, Vm1, Wm1$ 构成 U1 相、V1 相、W1 相的三相的第一电枢绕组 30-1, $Um2, Vm2, Wm2$ 构成 U2 相、V2 相、W2 相的三相的第二电枢绕组 30-2。

[0229] 既可以如图 15 所示为两组星形接线,也可以为三角形接线。

[0230] 另外,使用图 4 所示的两组三相逆变器 102-1、102-2 来进行驱动,并将第一电枢绕组 30-1 与第二电枢绕组 30-2 的相位差设定为 $20^\circ \sim 40^\circ$ 的电角度,最好是 30° 的电角度。

[0231] 如图 9 所示,定子铁心 22 的切槽 27 处于铁心完全与相邻的极齿 24 连接的状态、即形成具有闭合切槽部 29 的结构。

[0232] 在这种情况下,经由相邻的极齿 24 之间的磁路而产生漏磁通,其结果是,定子铁心 22 的磁通密度增高,产生磁饱和。

[0233] 因上述磁饱和,而使转矩脉动的六阶分量变大,从而成为不适合电动动力转向装置的电动机 10,但根据本实施方式的结构,使用两组三相逆变器 102-1、102-2 来进行驱动,并将第一电枢绕组 30-1 与第二电枢绕组 30-2 的相位差设定为 $20^\circ \sim 40^\circ$ 的电角度、最好为 30° 的电角度,因此,能大幅降低转矩脉动的六阶分量。

[0234] 另外,由于是闭合切槽结构,因此,转子 11 一侧的形状误差或是永磁体 13 的形状及磁特性的偏差的影响变小,因而具有也能降低阶数与切槽数 N_s 相一致的齿槽转矩这样的效果。

[0235] 在此,通过形成为使定子铁心 22 的切槽开口宽度 W_s 满足下式的结构,

$$[0236] \quad W_s / (2\pi R_s / N_s) \leq 0.15$$

[0237] 其中, R_s :上述定子铁心的内半径, N_s :上述定子铁心的切槽数

[0238] 则能获得与闭合切槽实质相同的效果。

[0239] 图 10 是本实施方式的永磁体型电动机 10 的另一例的剖视图。

[0240] 该电动机 10 是转子 11 的极数为十,定子 21 的切槽数为六十的电动机,定子 21 具有:圆环状的铁心基座 23;共计六十个极齿 24,这些极齿 24 从铁心基座 23 朝内径方向延伸;定子铁心 22,该定子铁心 22 在相邻的两个极齿 24 之间设置有切槽 27;以及电枢绕组 30,该电枢绕组 30 分布地卷绕在各切槽 27 中。

[0241] 另外,在图 10 中,为简洁起见,省略了设置在电枢绕组 30 与定子铁心 22 之间的绝缘体及设于定子铁心 22 外周的框架。

[0242] 此外,为了便于说明,对切槽 27 分配符号 $1 \sim 6$ 。

[0243] 收纳在切槽 27-1 \sim 27-6 中的线圈依次为 $U11, U12, W11, W12, V11, V12$,然后向右旋转,切槽 27-7 \sim 27-12 中依次为 $U21, U22, W21, W22, V21, V22$ 。

[0244] 概括来说,对于切槽 27 的编号 $m, m+1, m+2, m+3, m+4, m+5$, 依次为 $Um1, Um2, Wm1, Wm2, Vm1, Vm2$ 。其中, m 表示 $1 \sim 10$ 的整数。

[0245] 另外, $Um1, Vm1, Wm1$ 构成 U1 相、V1 相、W1 相这三相的第一电枢绕组 30-1, $Um2, Vm2, Wm2$ 构成 U2 相、V2 相、W2 相这三相的第二电枢绕组 30-2。

[0246] 既可以如图 15 所示为两组的星形接线,也可以为三角形接线。

[0247] 另外,使用图 4 所示的两组三相逆变器 102-1、102-2 来进行驱动,并将第一电枢绕

组 30-1 与第二电枢绕组 30-2 的相位差设定为 $20^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 的电角度,最好是 30° 的电角度。

[0248] 转子 11 在定子 21 的内侧设置成能自由旋转。转子 11 具有作为转轴的轴 14 和在轴 14 的外侧设置的转子铁心 12。

[0249] 永磁体 13 呈其径向长度比周向长度长的形状,在周向上等间隔地排列十个上述永磁体 13。永磁体 13 的磁化方向朝使图 10 所示的 N 和 S 分别为 N 极、S 极这样的方向磁化。即,以使相邻的永磁体 13 的相对面彼此为相同极的方式进行磁化。

[0250] 通过设置这样的磁化方向,使磁通集中在旋转铁心 12 上,而具有提高磁通密度这样的效果。

[0251] 此外,在相邻的永磁体 13 之间夹设有转子铁心 12。上述转子铁心 12 的、与定子 21 一侧相对的面具有曲面部 31,该曲面的形状形成为在相邻的永磁体之间的中间位置处使与定子 21 间的空隙长度变短的凸状的曲面。

[0252] 由于能利用这种形状来使在空隙处产生的磁通密度的波形光滑,因此,能减小齿槽转矩及转矩脉动。

[0253] 另外,以与永磁体 13 的内径侧的端面接触的方式设置非磁性部 32。该部分既可以是空气,也可以填充树脂,还可以插入不锈钢或铝这样的非磁性的金属。

[0254] 通过这样,能降低永磁体 13 的漏磁通。

[0255] 在相邻的永磁体 13 间的转子铁心 12 和以将轴 14 的外周包围的方式设置的转子铁心 12 之间,设置有连接部 34。该连接部 34 具有将两者机械连接的作用。

[0256] 如图 10 所示,定子铁心 22 的切槽 27 处于铁心完全与相邻的极齿 24 连接的状态、即形成具有闭合切槽部 29 的结构。

[0257] 在这种情况下,经由相邻的极齿 24 之间的磁路而产生漏磁通,其结果是,定子铁心 22 的磁通密度增高,产生磁饱和。

[0258] 因上述磁饱和而使转矩脉动的六阶分量变大,从而成为不适合电动动力转向装置的电动机 10,但根据本实施方式的结构,如图 4 所示使用两组三相逆变器 102-1、102-2 来进行驱动,并将第一电枢绕组 30-1 与第二电枢绕组 30-2 的相位差设定为 $20^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 的电角度、最好为 30° 的电角度,因此,能大幅降低转矩脉动的六阶分量。

[0259] 另外,由于是闭合极齿结构,因此,转子 11 一侧的形状误差或是永磁体 13 的形状及磁特性的偏差的影响变小,因而具有也能降低阶数与切槽数 N_s 相一致的齿槽转矩这样的效果。

[0260] 在此,通过形成为使定子铁心 22 的切槽开口宽度 W_s 满足下式的结构,

$$[0261] \quad W_s / (2 \pi R_s / N_s) \leq 0.15,$$

[0262] 其中, R_s : 上述定子铁心的内半径, N_s : 上述定子铁心的切槽数

[0263] 则能获得与闭合切槽实质相同的效果。

[0264] 在图 10 中,由于径向长度比周向长度长,因此,能使磁通集中在转子铁心 12 上,而成为高转矩。

[0265] 在永磁体 13 埋入转子铁心 12 的结构中,与表面磁体型相比,存在转矩脉动变大、振动噪声变大这样的技术问题,但通过如图 15 所示设置电枢绕组 30 的接线结构,然后使用图 4 所示的两组三相逆变器 102-1、102-2 进行驱动,并将第一电枢绕组 30-1 与第二电枢绕

组 30-2 的相位差设定为 $20^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 的电角度,最好设为 30° 的电角度,藉此,能降低六阶转矩脉动。

[0266] 虽然示出的是每极每相的切槽数为二的情况,但由于只要是二以上的偶数,便能形成相同的电枢绕组 30 的结构,因此,能获得相同的效果。

[0267] 实施方式 5

[0268] 图 11 是在转子 11 的永磁体 13 的配置上与实施方式 4 的图 10 的永磁体型电动机 10 有所不同的示例。

[0269] 定子 21 的结构与图 10 相同。转子 11 在定子 21 的内侧设置成能自由旋转。

[0270] 转子 11 具有作为转轴的轴 14 和在轴 14 的外侧设置的转子铁心 12。

[0271] 永磁体 13 呈其径向长度比周向长度长的形状,在周向上等间隔地排列五个上述永磁体 13。

[0272] 永磁体 13 的磁化方向朝使图 11 所示的 N 和 S 分别为 N 极、S 极这样的方向磁化。即,以使相邻的永磁体 13 的相对面彼此为不同极的方式进行磁化。

[0273] 另外,在相邻的永磁体 13 之间设置有非磁性部 32。该部分既可以是空气,也可以填充树脂,还可以插入不锈钢或铝这样的非磁性的金属。

[0274] 通过设定先前所述的磁化方向,进而设置上述非磁性部 32,从而使磁通集中在转子铁心 12,而具有提高磁通密度这样的效果。

[0275] 此外,转子铁心 12 位于永磁体 13 的周向两侧。

[0276] 上述转子铁心 12 的、与定子 21 一侧相对的面具有曲面部 31,该曲面的形状形成为在相邻的永磁体之间的中间位置处使与定子 21 间的空隙长度变短的凸状的曲面。

[0277] 由于能利用这种形状来使在空隙处产生的磁通密度的波形光滑,因此,能减小齿槽转矩及转矩脉动。

[0278] 另外,在与永磁体 13 和非磁性部 29 的内径侧的端面接触的方式设置非磁性部 33。该部分既可以是空气,也可以填充树脂,还可以插入不锈钢或铝这样的非磁性的金属。

[0279] 通过这样,能降低永磁体 13 的漏磁通。

[0280] 在相邻的永磁体 13 间的转子铁心 12 和以将轴 14 的外周包围的方式设置的转子铁心 12 之间,设置有连接部 34。该连接部 34 具有将两者机械连接的作用。

[0281] 在这种转子 11 的结构中,由于永磁体 13 的数量减半,因此,与图 10 的转子 11 的结构相比,磁通密度的分布不均匀,其结果是,存在转矩脉动增大这样的技术问题。

[0282] 除此之外,由于定子铁心 22 为具有闭合切槽部 29 的结构,因此,存在因在极齿 24 之间的漏磁通所引起的铁心的磁饱和,而使转矩脉动增加这样的技术问题。

[0283] 但是,根据本实施方式,由于使用图 4 所示的两组三相逆变器 102-1、102-2 来进行驱动,并将第一电枢绕组 30-1 与第二电枢绕组 30-2 的相位差设定为 $20^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 的电角度、最好是 30° 的电角度,因此,能大幅降低转矩脉动的六阶分量。

[0284] 另外,由于是闭合切槽结构,因此,转子 11 一侧的形状误差或是永磁体 13 的形状及磁特性的偏差的影响变小,因而具有也能降低阶数与切槽数 N_s 相一致的齿槽转矩这样的效果。

[0285] 在此,只要形成为使定子铁心 22 的切槽开口宽度 W_s 满足下式的结构,

[0286] $W_s / (2 \pi R_s / N_s) \leq 0.15$

[0287] 其中, R_s : 上述定子铁心的内半径, N_s : 上述定子铁心的切槽数

[0288] 则能获得与闭合切槽实质相同的效果。

[0289] 在图 11 中, 由于径向长度比周向长度长, 因此, 能使磁通集中在转子铁心 12 上, 而成为高转矩。

[0290] 在永磁体 13 埋入转子铁心 12 的结构中, 与表面磁体型相比, 存在转矩脉动变大、振动噪声变大这样的技术问题, 但通过如图 15 所示设置电枢绕组 30 的接线结构, 然后使用图 4 所示的两组三相逆变器 102-1、102-2 进行驱动, 并将第一电枢绕组 30-1 与第二电枢绕组 30-2 的相位差设定为 $20^\circ \sim 40^\circ$ 的电角度, 最好设为 30° 的电角度, 藉此, 能降低六阶转矩脉动。

[0291] 另外, 在图 11 中, 虽然永磁体 13 的量为图 10 的一半, 但转矩并非变为一半, 因而能提高磁体利用效率, 并使每单位磁体量的转矩及输出增大, 因此, 具有能实现电动机 10 的低成本这样的效果。

[0292] 一般来说, 只要是对于定子 21 的极数 M , 将转子 11 的永磁体 13 在周向上排列 $M/2$ 个的结构, 就能获得上述效果。

[0293] 特别是, 在钕系的永磁体 13、特别是使用镱的情况下, 具有低成本化的效果非常大这样的效果。

[0294] 此外, 在图 11 中, 示出了将永磁体 13 埋入转子铁心 12 的示例, 但也可以如图 16 所示形成为将永磁体 13 配置在转子铁心 12 的表面的结构。

[0295] 此外, 在图 11 和图 16 中, 示出的是每极每相的切槽数为二的情况, 但由于只要是二以上的偶数, 便能形成相同的电枢绕组 30 的结构, 因此, 能获得相同的效果。

[0296] 实施方式 6

[0297] 图 17 是汽车的电动动力转向装置的说明图。

[0298] 驾驶员将方向盘(未图示)转向, 其转矩经由转向轴(未图示)而传递至轴 201。

[0299] 此时, 转矩传感器 202 检测到的转矩变换为电信号, 并通过线缆(未图示), 经由连接器 203 传递至 ECU101 (控制单元)。

[0300] 另一方面, 车速等汽车的信息变换为电信号, 并经由连接器 204 传递至 ECU101。ECU101 根据上述转矩和车速等汽车的信息, 运算出需要的辅助转矩, 并如图 4 所示, 通过逆变器 102-1、102-2 对永磁体型电动机 10 供给电流。电动机 10 沿与齿条轴的移动方向(通过箭头示出)平行的方向配置。

[0301] 此外, 对 ECU101 的电源供给是从蓄电池或交流发电机经由电源连接器 205 输送的。永磁体型电动机 10 所产生的转矩通过内置有皮带(未图示)和滚珠丝杠(未图示)的齿轮箱 206 而被减速, 并产生使位于外壳 207 内部的齿条轴(未图示)朝箭头方向移动的推力, 以对驾驶员的转向力进行辅助。

[0302] 藉此, 系杆 208 移动, 能使轮胎转向来使车辆回旋。利用永磁体型电动机 10 的转矩进行辅助, 从而驾驶员能以较小的转向力来使车辆回旋。

[0303] 另外, 齿条保护罩 209 设置成避免异物进入装置内。

[0304] 在这种电动动力转向装置中, 由于电动机 10 产生的齿槽转矩及转矩脉动经由齿轮传递至驾驶员, 因此, 为了获得良好的转向感觉, 较为理想的是使齿槽转矩及转矩脉动较小。

[0305] 此外,较为理想的是,使电动机 10 动作时的振动及噪声较小。

[0306] 因此,若使用在实施方式 1~5 中说明的电动机 10,则能获得各个实施方式中所说明的效果。

[0307] 特别是,能减小空间阶数为两阶的电磁施振力,而变为低振动、低噪声。另外,具有能同时实现高转矩化和低振动、低噪声化这样的效果。

[0308] 如图 17 所示,电动机 10 沿与齿条轴的移动方向(通过箭头示出)平行的方向配置。电动动力转向装置是面向大型车辆的系统,但电动机 10 也需要高输出,存在在高输出的同时由电动机 10 所引起的振动、噪声也增加这样的技术问题。

[0309] 但是,若使用在实施方式 1~6 中说明的电动机 10,则能解决这一技术问题,在大型车辆中也能使用电动动力转向装置,从而具有能降低燃油消耗的效果。

[0310] 另外,本发明在其发明的范围内,能将各实施方式自由组合,或是能将各实施方式适当变形、省略。

[0311] (符号说明)

- [0312] 10 电动机 10
- [0313] 11 转子
- [0314] 12 转子铁心
- [0315] 13 永磁体
- [0316] 14 轴
- [0317] 21 定子
- [0318] 22 定子铁心
- [0319] 23 铁心基座
- [0320] 24 极齿
- [0321] 26 极齿前端部
- [0322] 27 切槽
- [0323] 28 切槽开口部
- [0324] 29 闭合切槽部
- [0325] 30 电枢绕组
- [0326] 30-1 第一电枢绕组
- [0327] 30-2 第二电枢绕组
- [0328] 31 曲面部
- [0329] 32 非磁性部
- [0330] 33 非磁性部
- [0331] 34 连接部
- [0332] 35 框架
- [0333] 36 磁路
- [0334] 37 绝缘体
- [0335] 38 接合面
- [0336] 101 ECU
- [0337] 102 逆变器

- [0338] 102-1 第一逆变器
- [0339] 102-2 第二逆变器
- [0340] 103 电源
- [0341] 104 线圈
- [0342] 105 电源继电器
- [0343] 105-1 第一电源继电器
- [0344] 105-2 第二电源继电器
- [0345] 106-1 电容器
- [0346] 106-2 电容器
- [0347] 107-1 ~ 107-6 MOS — FET
- [0348] 108-1 ~ 108-6 MOS — FET
- [0349] 109-1 ~ 109-3 分流器
- [0350] 110-1 ~ 110-3 分流器
- [0351] 111 旋转角度传感器
- [0352] 201 轴
- [0353] 202 转矩传感器
- [0354] 203 连接器
- [0355] 204 连接器
- [0356] 205 电源连接器
- [0357] 206 齿轮箱
- [0358] 207 外壳
- [0359] 208 系杆
- [0360] 209 齿条保护罩

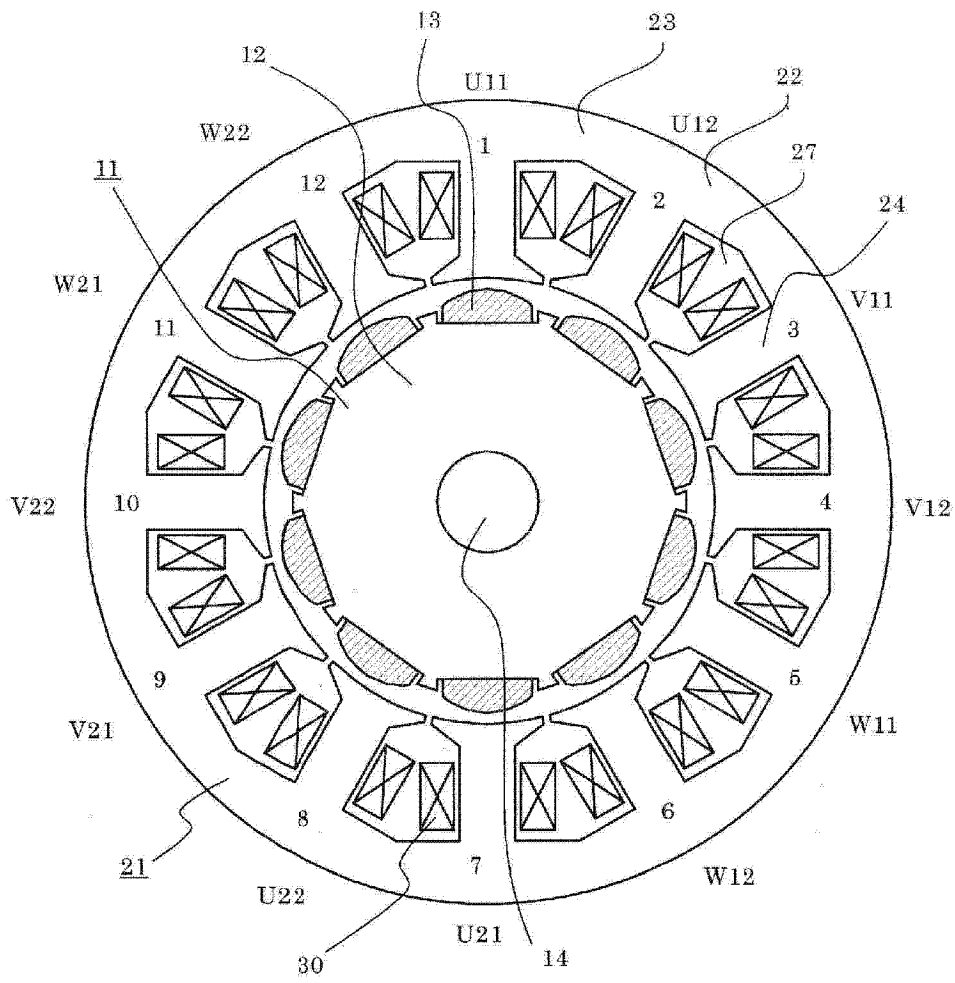


图 1

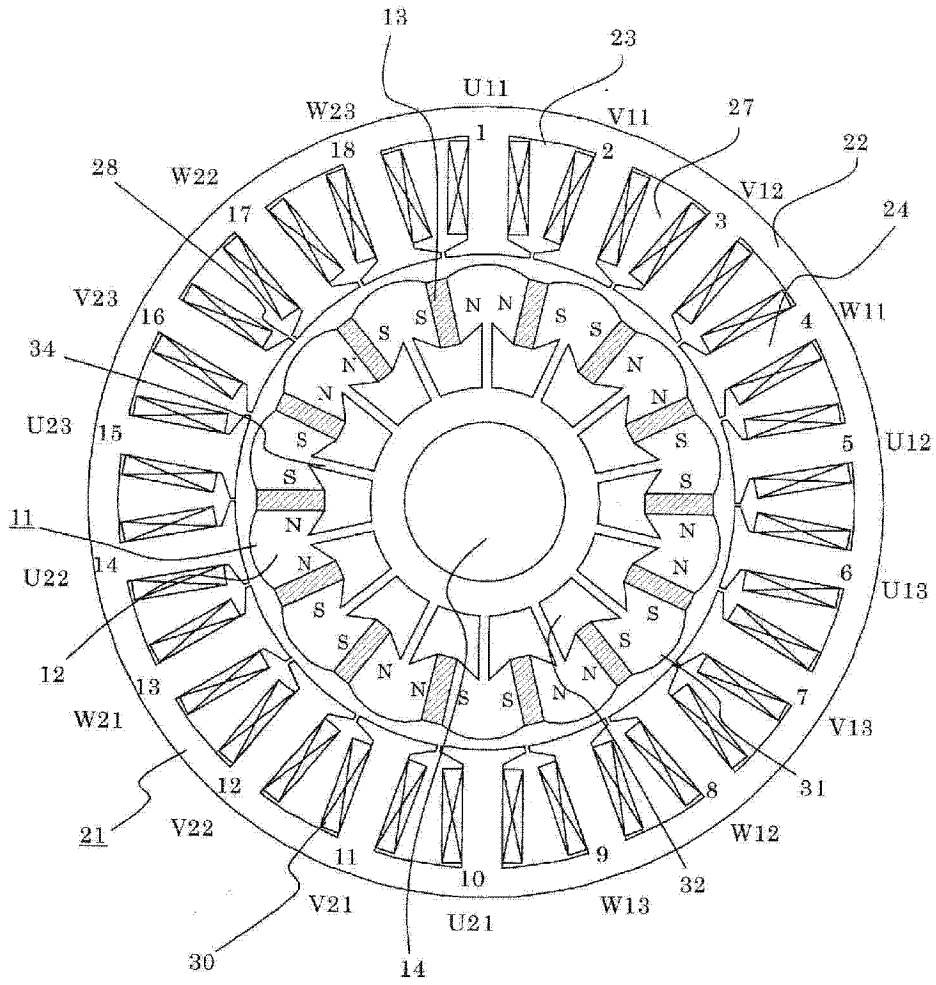


图 2

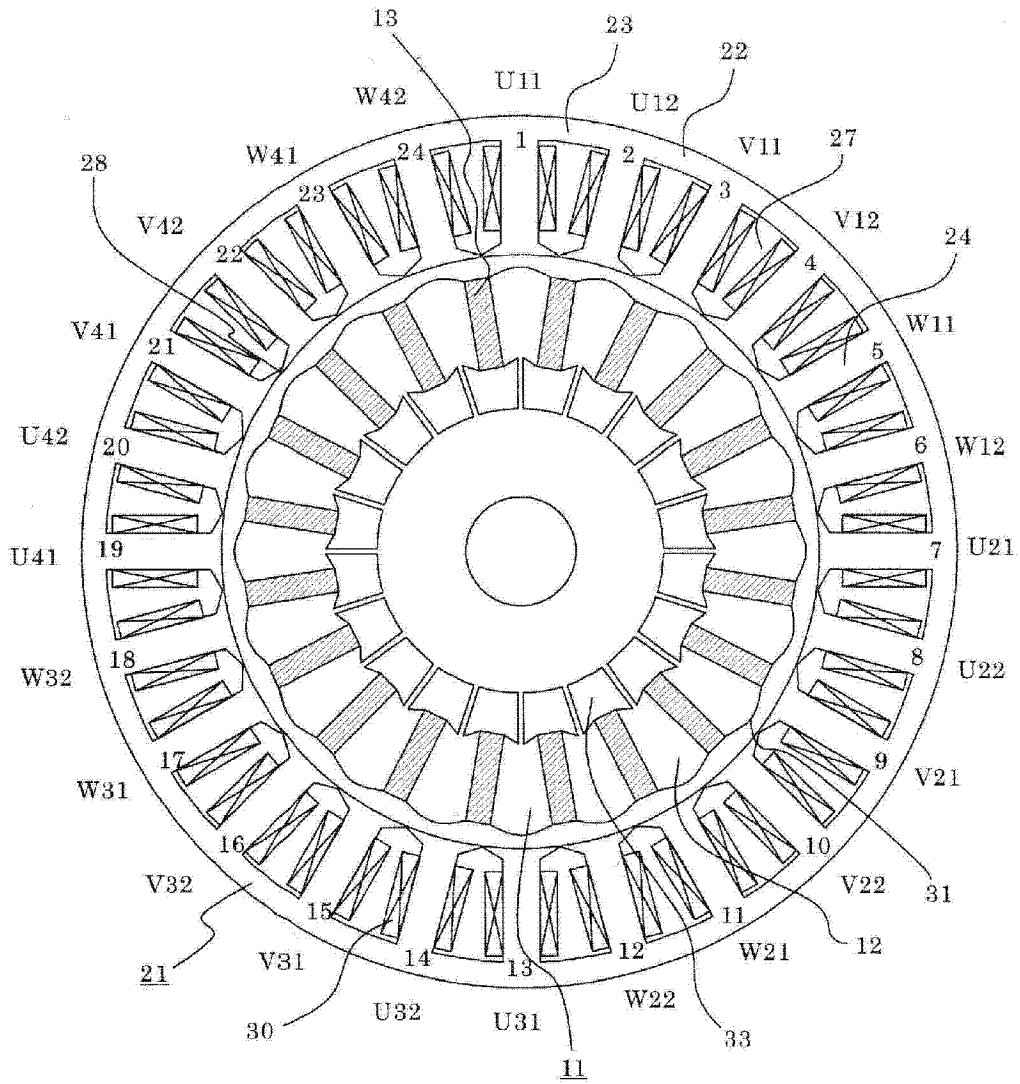


图 3

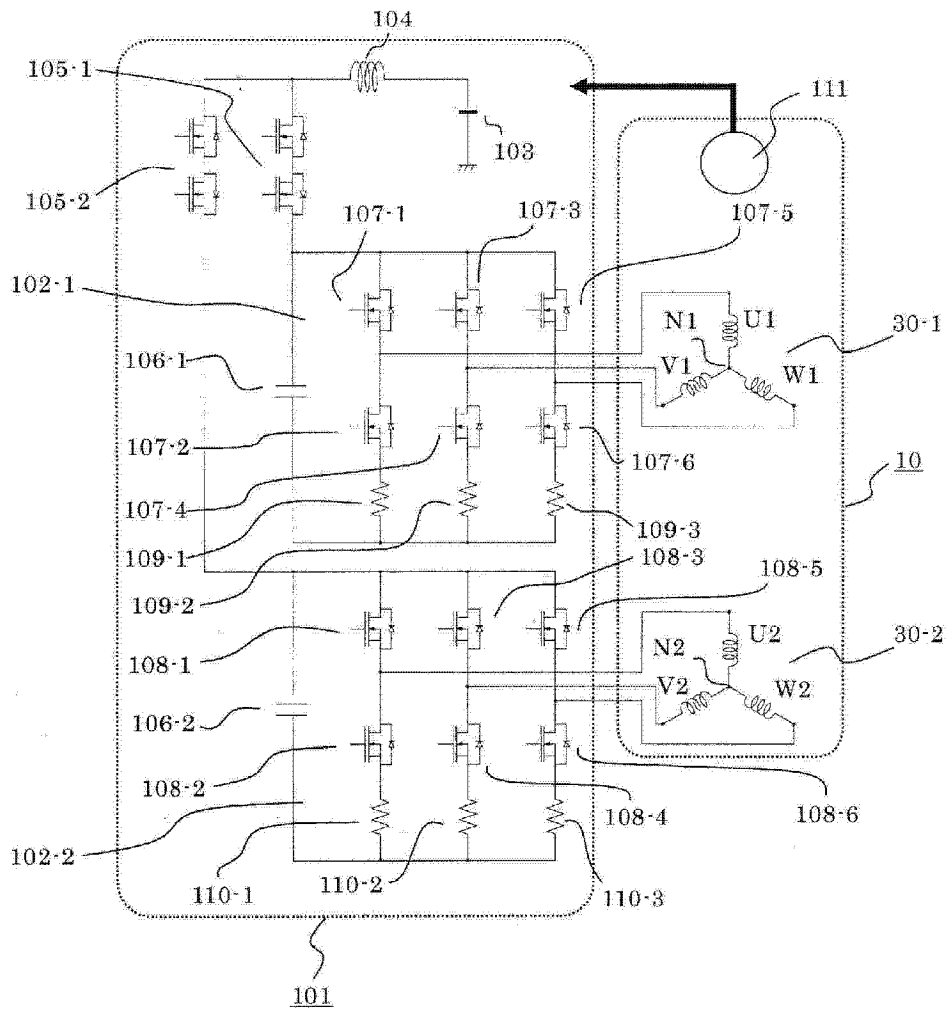


图 4

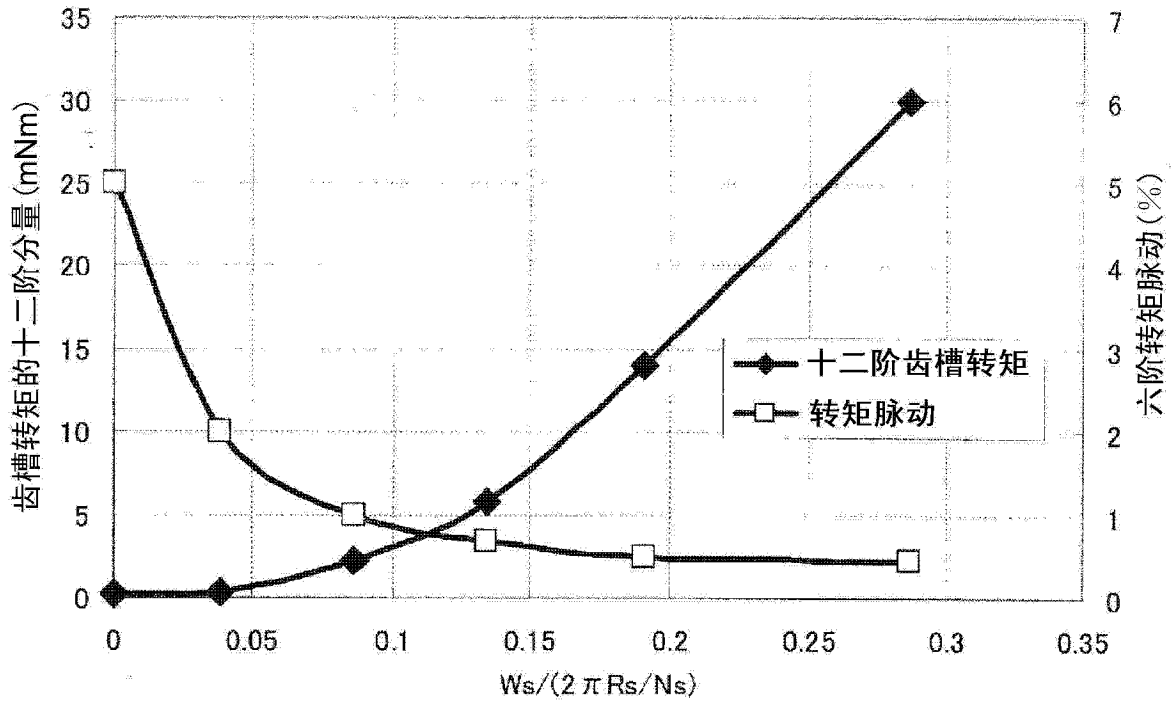


图 5

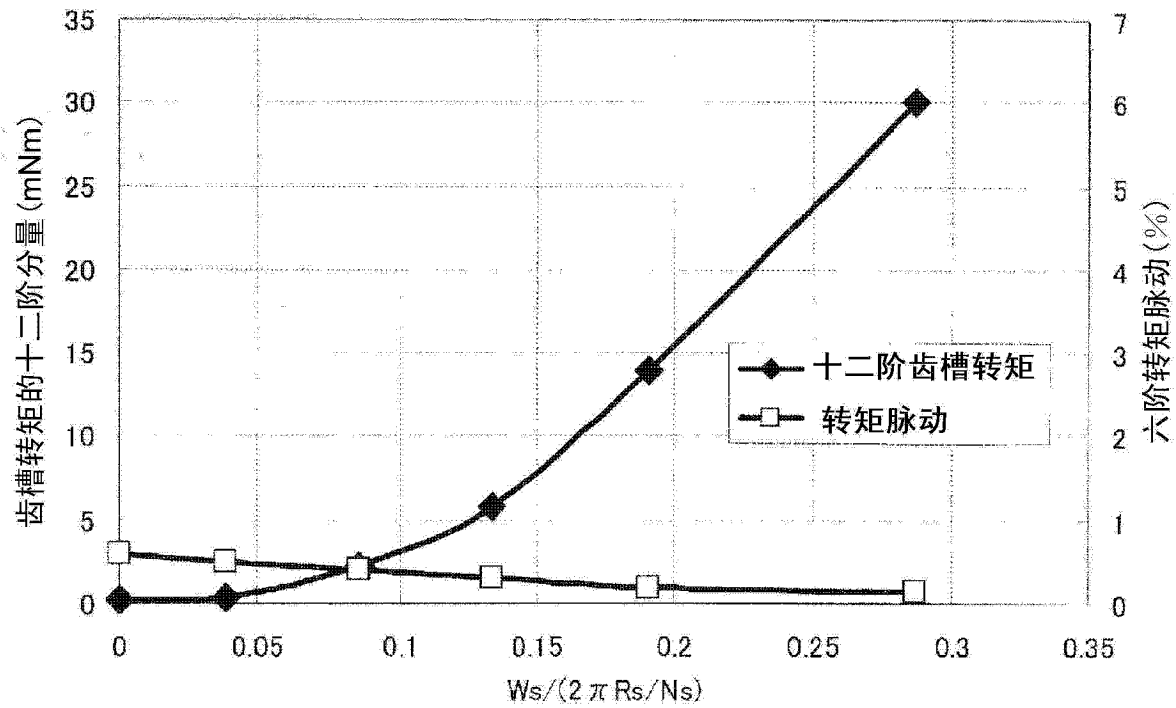


图 6

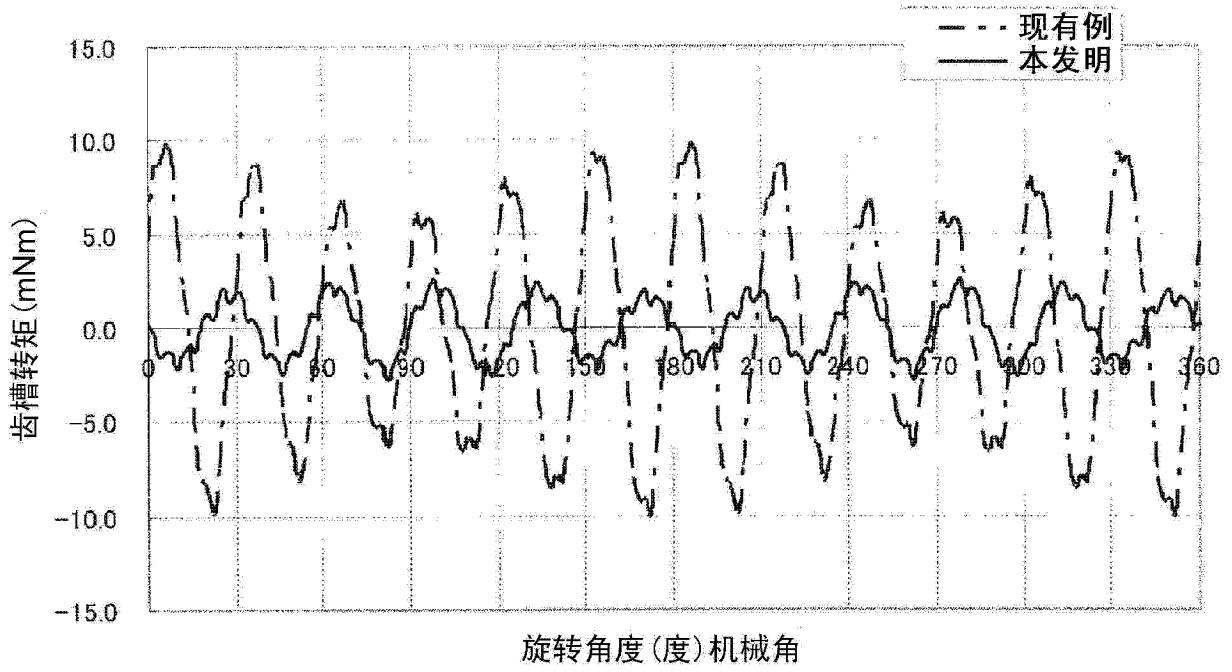


图 7

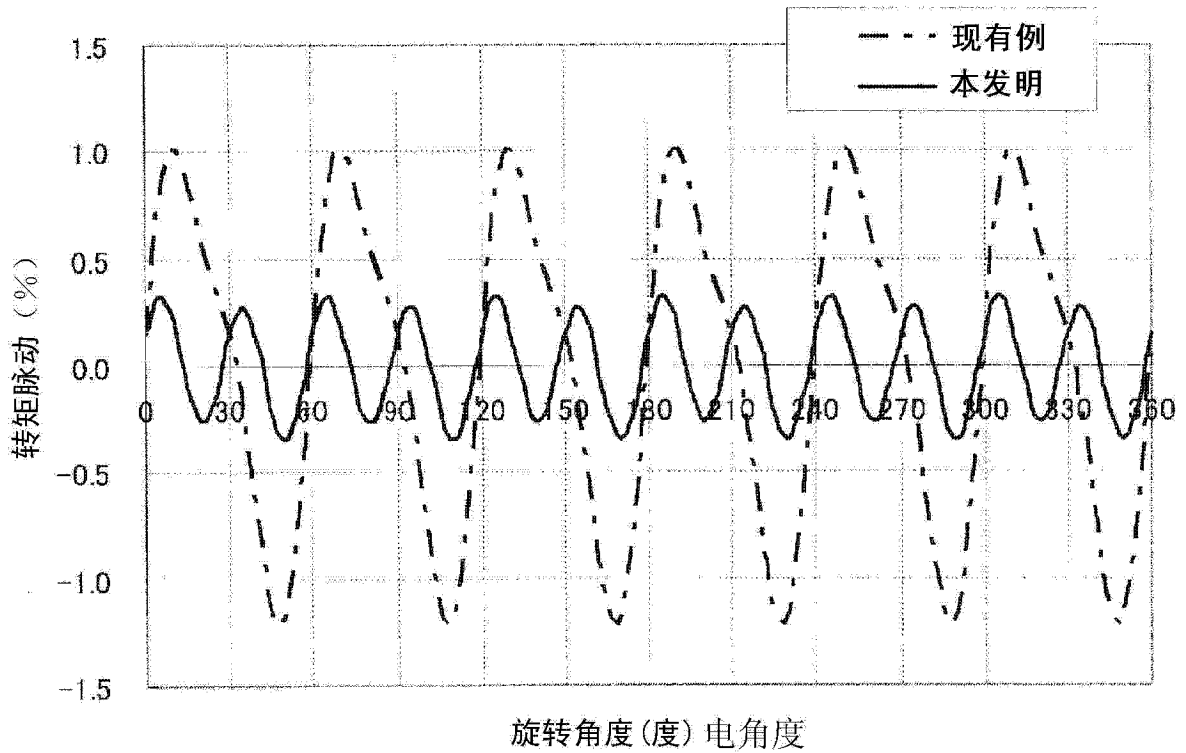


图 8

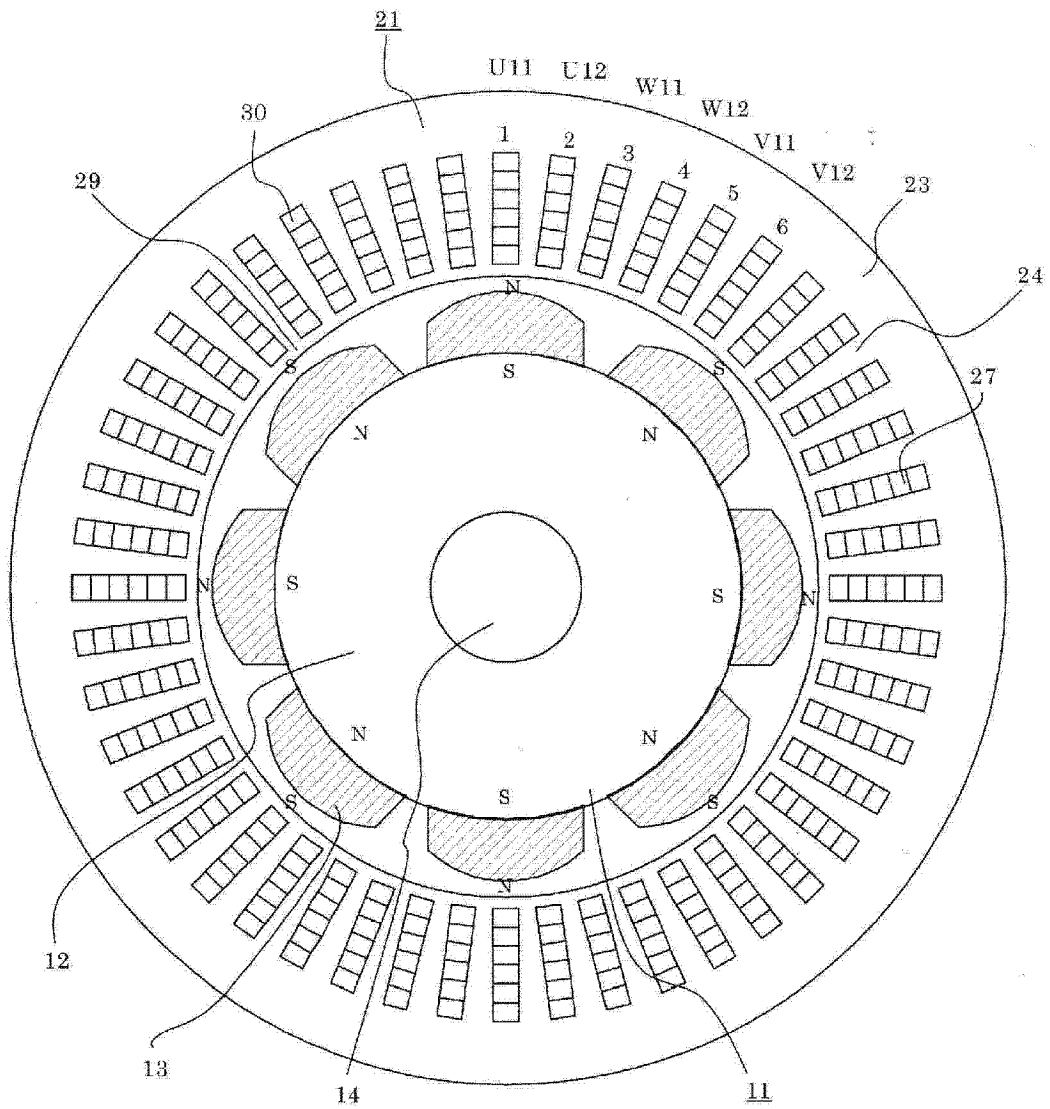


图 9

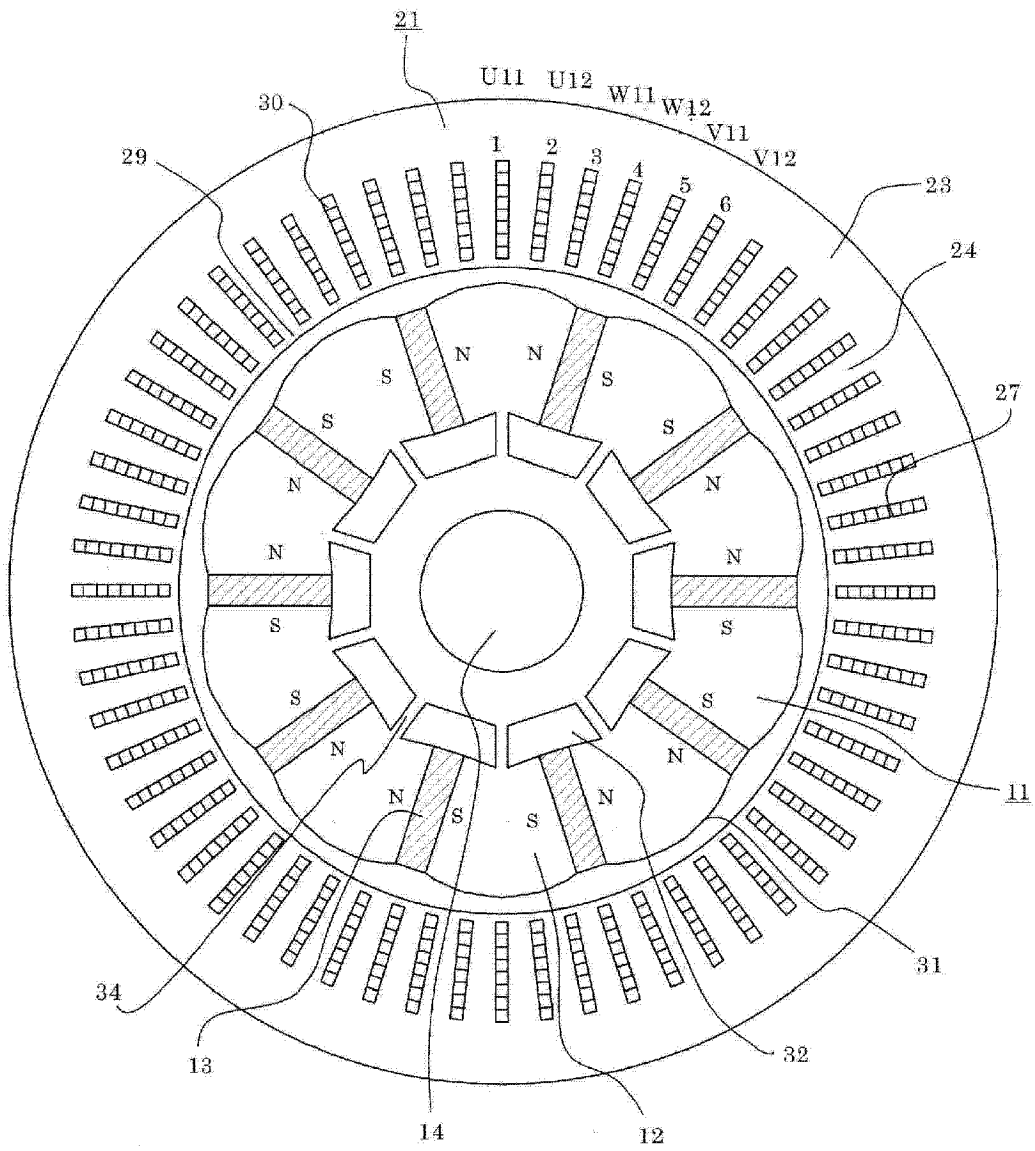


图 10

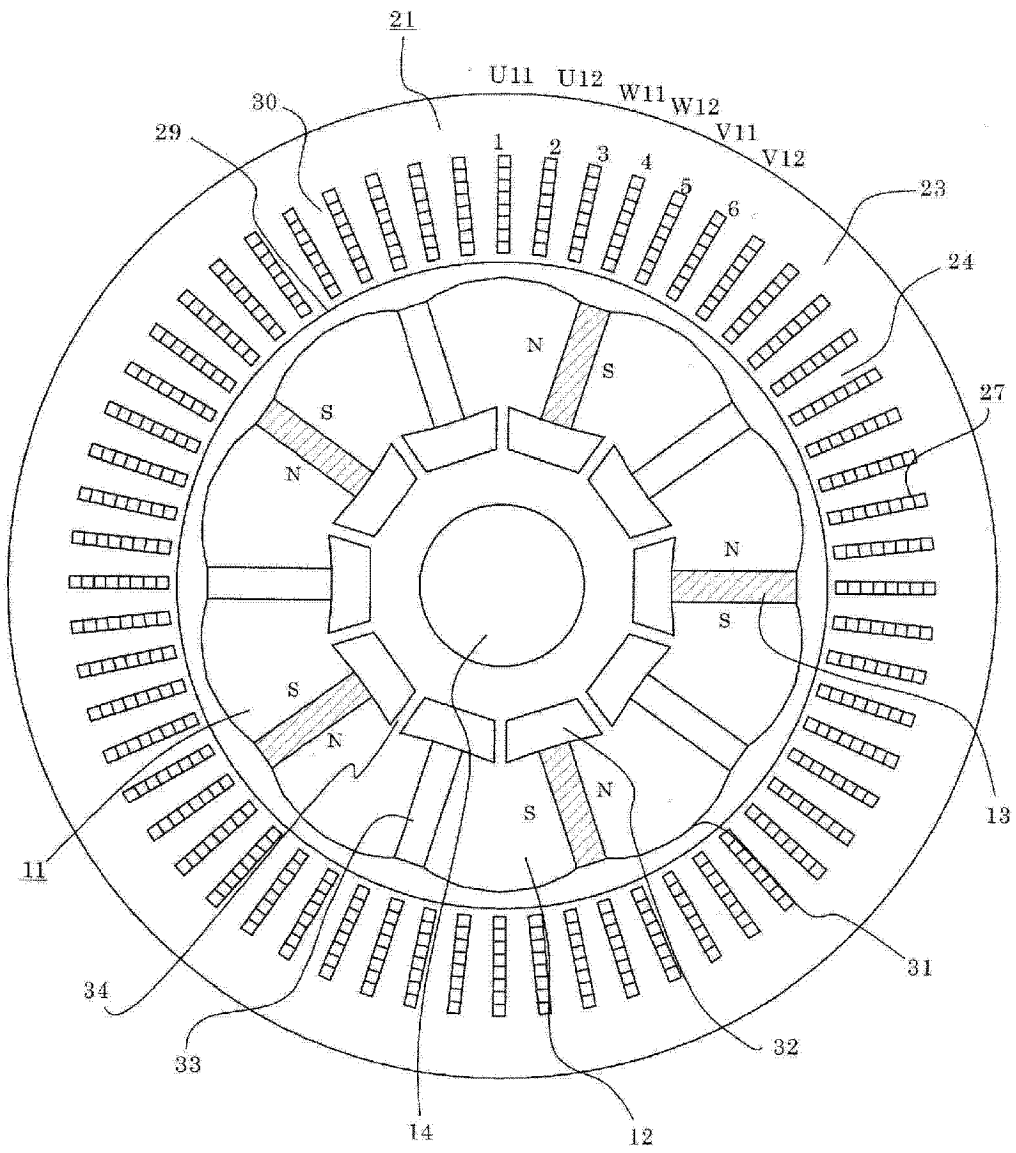


图 11

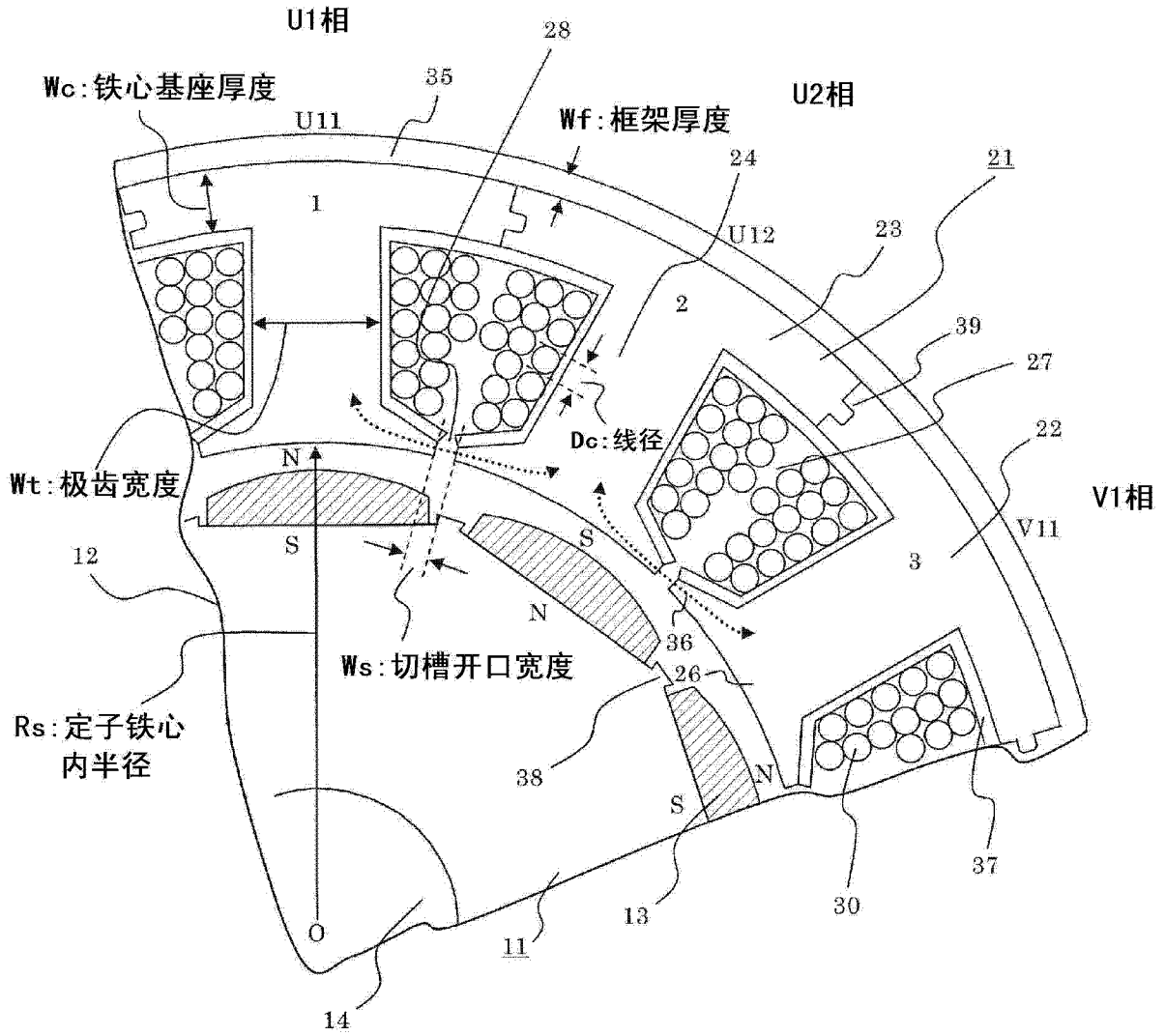


图 12

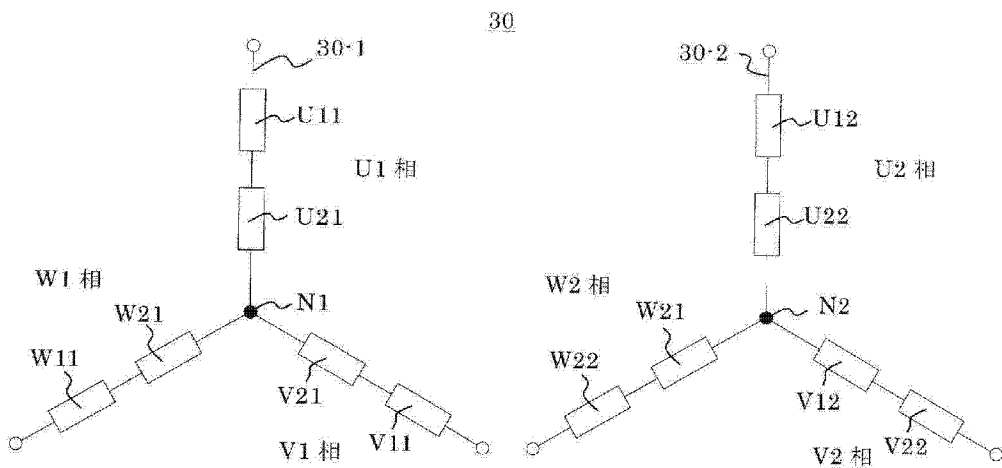


图 13

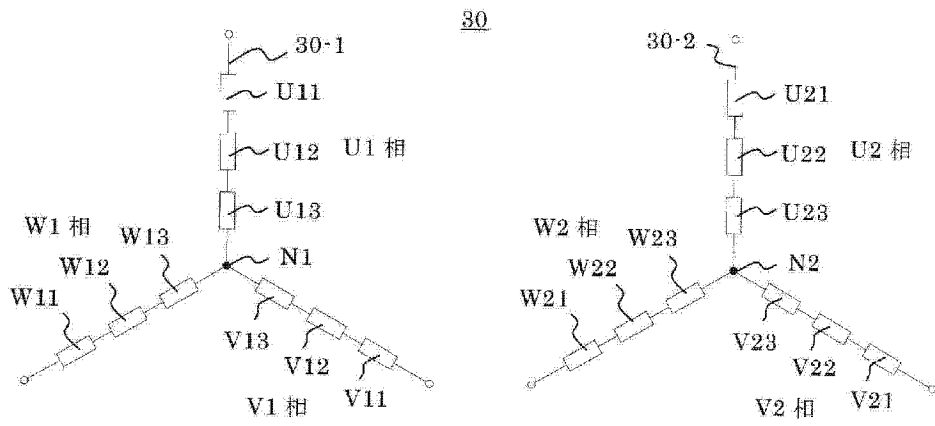


图 14

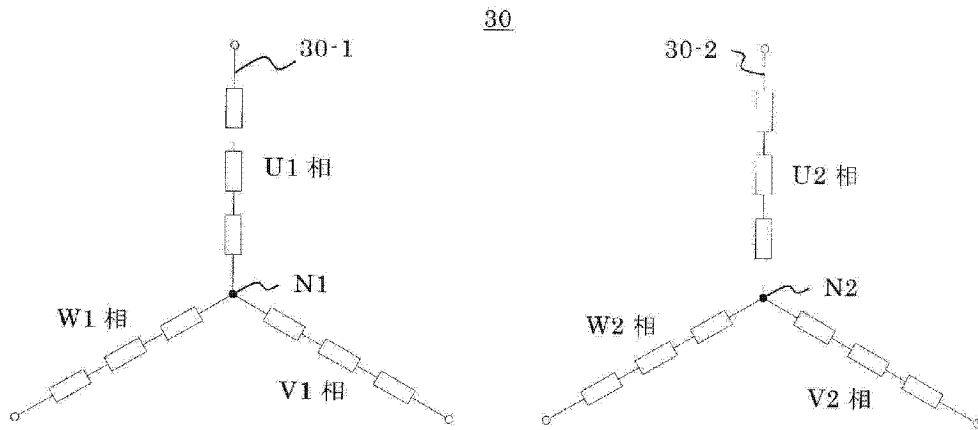


图 15

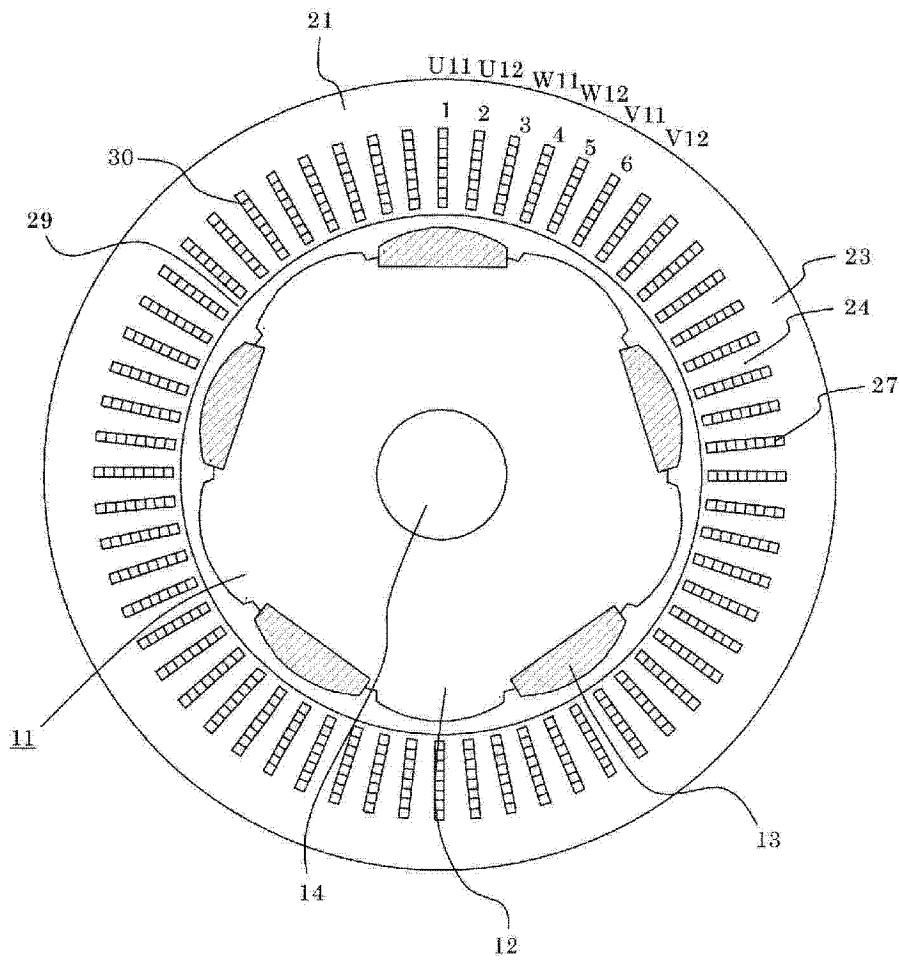


图 16

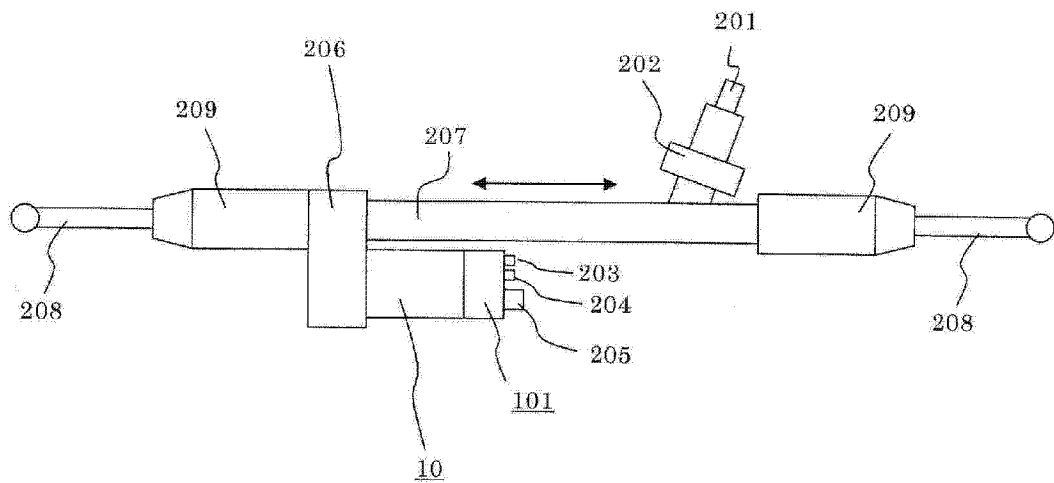


图 17