



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101326697 B

(45) 授权公告日 2011. 07. 06

(21) 申请号 200680046241. 3

H02K 1/06 (2006. 01)

(22) 申请日 2006. 12. 08

H02K 3/12 (2006. 01)

(30) 优先权数据

356489/2005 2005. 12. 09 JP

(85) PCT申请进入国家阶段日

2008. 06. 10

(86) PCT申请的申请数据

PCT/JP2006/325006 2006. 12. 08

(87) PCT申请的公布数据

W02007/066829 JA 2007. 06. 14

(73) 专利权人 丰田自动车株式会社

地址 日本爱知县

(72) 发明人 服部宏之

(74) 专利代理机构 北京东方亿思知识产权代理

有限责任公司 11258

代理人 柳春雷

(51) Int. Cl.

H02K 1/16 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 2004012292 A1, 2004. 01. 22,

JP 53129805 A, 1978. 11. 13,

JP 54023915 A, 1979. 02. 22,

JP 6113512 A, 1994. 04. 22,

CN 2484691 Y, 2002. 04. 03,

JP 4285444 A, 1992. 10. 09,

审查员 薛梅

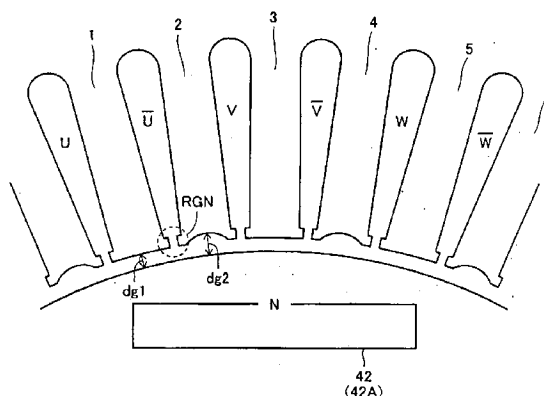
权利要求书 1 页 说明书 8 页 附图 7 页

(54) 发明名称

旋转电机

(57) 摘要

电动机 (100) 包括每极每相两槽分布绕组电动机, 其中定子芯 (52) 具有气隙, 在同相间齿 (1、3、5) 的末端与转子芯 (41) 的外周面之间的间隙具有恒定的宽度 dg1, 在异相间齿 (2、4、6) 的末端与转子芯 (41) 的外周面之间的间隙具有圆周方向非均一宽度和最大宽度值 dg2 (> dg1)。在异相间齿 (2) 中形成磁阻高于同相间齿 (1) 的磁回路。气隙宽度的差被设置成已经通过磁阻的增大而降低的异相间齿 (2) 的磁通数几乎等于同相间齿的磁通数, 其允许沿着相反方向施加到两者的电磁振动力彼此平衡和抵消, 由此限制定子芯 (52) 的振动。



1. 一种 s 相旋转电机 (100), 其中 s 大于 1, 并且所述旋转电机包括:

转子 (40), 其包括 n 个磁极, 其中 n 是自然数, 以及

定子 (50), 其包括定子芯 (52) 和 $n \times s$ 个线圈 (51), 所述定子芯 (52) 具有与对于所述 n 个磁极的每个都有所述 s 相的两倍的情况相对应的 $2n \times s$ 个齿 (1) 和 $2n \times s$ 个槽, 每个所述槽形成在相邻的所述齿 (1) 之间, 所述 $n \times s$ 个线圈 (51) 绕所述 $2n \times s$ 个齿 (1) 缠绕,

所述 $n \times s$ 个线圈 (51) 构成对于所述 n 个磁极的每个都以每相偏移正好一个槽的方式缠绕的线圈组,

所述 $2n \times s$ 个齿 (1) 包括同相间齿和异相间齿, 所述同相间齿具有插入于在所述转子的转轴的方向上的两侧处形成的两个槽中的同相线圈, 所述异相间齿具有插入于在所述转子的所述转轴的方向上的两侧处的两个槽中的异相线圈,

当将交流电供应到所述 $n \times s$ 个线圈 (51) 时, 所述旋转电机 (100) 在所述同相间齿和所述异相间齿中分别形成的磁回路具有磁阻差, 使得对于所述磁回路, 通过的磁通数达到彼此平衡, 并且

所述旋转电机 (100) 具有的在所述异相间齿处形成的所述磁回路的磁阻被设定成大于在所述同相间齿处形成的所述磁回路的磁阻。

2. 根据权利要求 1 所述的旋转电机, 其中, 所述旋转电机 (100) 具有的在所述异相间齿的前端与所述转子 (40) 的外周面之间形成的气隙的宽度被设定成大于在所述同相间齿的前端与所述转子的所述外周面之间形成的气隙的宽度。

3. 根据权利要求 2 所述的旋转电机, 其中, 所述旋转电机 (100) 具有的在所述异相间齿的所述前端与所述转子 (40) 的所述外周面之间形成的所述气隙的宽度和在所述同相间齿的所述前端与所述转子 (40) 的所述外周面之间形成的所述气隙的宽度被设定为在所述槽的开口的端部处连续。

4. 根据权利要求 1 所述的旋转电机, 其中, 所述旋转电机 (100) 具有的所述异相间齿的磁路横截面积被设定成小于所述同相间齿的磁路横截面积。

5. 根据权利要求 2 所述的旋转电机, 其中, 所述异相间齿具有形成在所述前端处以向径向方向外侧凹入的弧形凹部, 所述凹部大致在所述前端的中央区域处, 并且不延伸到圆周方向上的两个端部区域。

旋转电机

技术领域

[0001] 本发明涉及一种旋转电机,具体涉及能够减小电磁噪声的旋转电机。

背景技术

[0002] 近年来,作为考虑到环境问题的车辆,注意力已集中于混合动力车辆和电动车辆。混合动力车辆除了传统的发动机之外还包括直流电源、逆变器和作为动力源的由逆变器驱动的旋转电机(电动机)。除了通过驱动发动机获得动力源之外,还将来自直流电源的直流电压通过逆变器转换成交流电压,并用转换后的交流电压来使电动机旋转以获得动力。

[0003] 电动车辆包括直流电源、逆变器和作为动力源的由逆变器驱动的电动机。

[0004] 在这种混合动力车辆或者电动车辆中,电动机在从低速到高速的比较宽的旋转范围中被驱动。存在着在驱动过程中产生的电磁噪声将会很大以致于车辆的驾乘者受该噪声干扰这样的问题。具体地,从发动机转速较低的怠速状态到巡航状态的范围中的谐波电磁噪声对于人的听觉是干扰噪声,其频率不同于由发动机和辅助机械引起的基底噪声的频率。

[0005] 近年来,已经变得很明显,谐波电磁噪声受到在电动机工作过程中产生的 $6f$ 的电磁激励的很大影响。此“ $6f$ ”表示供应到电动机的交流电流的基本频率的六倍。

[0006] 日本专利早期公开 No. 2003-348781 公开了一种减少这种电动机的 $6f$ 的电磁激励的方法。其提供一种用于车辆的 AC 旋转电机,该 AC 旋转电机由包括定子铁芯(定子芯)和绕定子芯缠绕的三相定子线圈的定子以及可旋转地设置在定子的内侧的转子形成,定子铁芯对于每极和每相都具有两个槽,其中,第一和第二定子线圈串联连接,每个定子线圈具有在相邻的槽组处缠绕的构成前述三相定子线圈的 X 相线圈、Y 相线圈和 Z 相线圈,该槽形成在电角交替为 α° 和 $(60-\alpha)^\circ$ ($\alpha \neq 30^\circ$) 的不等角距处。

[0007] 根据此构造,在电角为 30° 的等角距处每极和每相形成有两个槽的传统旋转电机中作为问题的 $6f$ 电磁激励可以通过优化 α° 来降低。结果,减小了由 $6f$ 电磁激励引起的电磁噪声和振动。

[0008] 然而,在日本早期公开 No. 2003-348781 中公开的用于车辆的 AC 旋转电机遇到这样的问题:由于响应于将交流电流供应到缠绕的三相定子线圈使得在定子铁芯中产生的磁通在多个定子齿之间不均一,从而不能可靠地减小 $6f$ 电磁激励。

[0009] 即,在日本专利早期公开 No. 2003-348781 的 AC 旋转电机中,三相定子线圈的每个具有在相邻槽组处缠绕的串联连接的第一和第二定子线圈。具体地,当在转子中有 96 个磁极时,第四、第十、第十六……第九十四个槽构成第一槽组,而第五、第十一、第十七……第九十五个槽构成第二槽组。第一槽组和第二槽组接收 X 相线圈。

[0010] 因而,与第一槽组对应的缠绕有第一定子线圈的定子齿和与第二槽组对应的缠绕有第二定子线圈的定子齿之间的定子线圈的匝数不平衡。通过将交流电流供应到定子线圈而施加到齿的电磁激励在齿之间不平衡。此电磁激励分成使定子芯沿着径向方向振动的分量和使定子芯沿着圆周方向振动的分量。由于径向方向的分量不平衡而在定子芯处产生的

径向振动使与定子芯的外周面或者内周面接触的空气振动,导致大的电磁噪声的产生。

[0011] 本发明涉及解决这样的问题。本发明的目的是提供一种抑制定子振动以能够减小电磁噪声的旋转电机。

发明内容

[0012] 根据本发明, s (s 大于 1) 相旋转电机包括: 转子, 其包括 n (n 是自然数) 个磁极; 以及定子。定子包括定子芯和 $n \times s$ 个线圈, 所述定子芯具有与对于 n 个磁极的每个都有所述 s 相的两倍的情况相对应的 $2n \times s$ 个齿和 $2n \times s$ 个槽, 每个所述槽形成在相邻的齿之间, 所述 $n \times s$ 个线圈绕 $2n \times s$ 个齿缠绕。 $n \times s$ 个线圈构成对于 n 个磁极的每个都以每相偏移正好一个槽的方式缠绕的线圈组。 $2n \times s$ 个齿包括同相间齿和异相间齿, 所述同相间齿具有插入于在转子的转轴的方向上的两侧处形成的两个槽中的同相线圈, 所述异相间齿具有插入于在转子的转轴的方向上的两侧处的两个槽中的异相线圈。旋转电机还包括磁阻调节装置, 其用于当将交流电供应到 $n \times s$ 个线圈时在同相间齿和异相间齿分别形成的磁回路中具有磁阻差, 使得通过的磁通数达到彼此平衡。

[0013] 与由于磁回路的磁阻相等引起通过的磁通数差异而使得施加的电磁激励在同相间齿和异相间齿之间不平衡的传统情况相比, 以上所述的旋转电机的优点在于通过由于在提供同相间齿和异相间齿之间的磁阻差的结果而实现同相间齿和异相间齿之间磁通数的平衡, 沿着径向方向彼此方向相反施加的同相间齿的电磁激励和异相间齿的电磁激励相等。因而, 同相间齿的电磁激励和异相间齿的电磁激励彼此抵消, 使得施加到定子的整体的电磁激励将大致变为零。结果, 抑制了定子振动, 从而能够降低电磁噪声。

[0014] 优选地, 磁阻调节装置包括将在异相间齿处形成的磁回路的磁阻设定成大于在同相间齿处形成的磁回路的磁阻。

[0015] 在本方面的旋转电机中, 通过获得被增大的磁阻降低了的异相间齿的磁通数和同相间齿的磁通数之间的平衡, 使施加到它们的电磁激励相等。

[0016] 优选地, 磁阻调节装置包括将在异相间齿的前端与转子的外周面之间形成的气隙的宽度设定成大于在同相间齿的前端与转子的外周面之间形成的气隙的宽度。

[0017] 通过增大旋转电机中气隙部分的磁阻, 在异相间齿处形成的磁回路的磁阻变得大于在同相间齿处形成的磁回路的磁阻。因而, 通过获得在被增大的磁阻引起的降低了的异相间齿的磁通数和同相间齿的磁通数之间的平衡, 使施加到它们的电磁激励相等。

[0018] 优选地, 磁阻调节装置包括将在同相间齿的前端与转子的外周面之间形成的气隙的宽度和在异相间齿的前端与转子的外周面之间形成的气隙的宽度设定成在槽的端部的端部处连续。

[0019] 以上所述的旋转电机的优点在于由于槽开口的端部的构造保持类似于传统的旋转电机, 所以不需要定子制造步骤在设计上的修改。

[0020] 优选地, 磁阻调节装置包括将异相间齿的磁路横截面积设定成小于同相间齿的磁路横截面积。

[0021] 通过增大旋转电机的齿部分的磁阻, 在异相间齿处形成的磁回路的磁阻变得大于在同相间齿处形成的磁回路的磁阻。因而, 通过获得在被增大的磁阻引起的降低了的异相间齿的磁通数和同相间齿的磁通数之间的平衡, 使施加到它们的电磁激励相等。

[0022] 通过在本发明中获得同相间齿和异相间齿之间的磁通数平衡,使沿着径向方向彼此方向相反施加的同相间齿的电磁激励和同相间齿的电磁激励相等。由于同相间齿的电磁激励和异相间齿的电磁激励彼此抵消,施加到定子的整体的电磁激励大致为零。结果,抑制了定子的振动,从而能够降低电磁噪声。

附图说明

- [0023] 图 1 是根据本发明第一实施例的旋转电机的剖视图。
[0024] 图 2 是从图 1 中的方向 A 观察定子的平面图。
[0025] 图 3 是从图 1 中的方向 A 观察转子和定子的平面图。
[0026] 图 4 是图 1 中的转子的立体视图。
[0027] 图 5 是描述施加到齿的旋转 24 次电磁激励的图。
[0028] 图 6 表示定子芯齿和电磁激励之间的关系。
[0029] 图 7 是描述根据本发明第一实施例的定子芯的图。
[0030] 图 8 是描述施加到根据本发明第一实施例的旋转电机的齿的旋转 24 次电磁激励的图。
[0031] 图 9 是描述在驱动本发明的旋转电机过程中产生的电磁噪声的示意图。
[0032] 图 10 是描述根据本发明第一实施例的修改方案的旋转电机的定子芯的图。
[0033] 图 11 是根据本发明第二实施例的旋转电机的定子芯的图。

具体实施方式

[0034] 以下将参照附图将详细描述本发明的实施例。在附图中,相同的标号表示相同或者相应的元件。

[0035] (第一实施例)

[0036] 图 1 是根据本发明第一实施例的旋转电机的剖视图。

[0037] 参照图 1,本发明的旋转电机 100 包括控制装置 10、三相电缆 20、轴 30、转子 40 和定子 50。

[0038] 转子 40 包括转子芯 41 和磁体 42。定子 50 包括定子线圈 51 和定子芯 52。

[0039] 控制装置 10 从设置在旋转电机 100 外部的 ECU(电子控制单元)接收待由旋转电机 100 输出的转矩控制值 TR,以根据所接受到的转矩控制值 TR 产生用于提供转矩的电动机控制电流 MCRLI,并将所产生的电动机控制电流 MCTLI 经由三相电缆 20 提供到定子 50 的定子线圈 51。

[0040] 三相电缆 20 连接控制装置 10 和定子芯 51。三相电缆 20 包括 U 相电缆 21、V 相电缆 22 和 W 相电缆 23。轴 30 从转轴方向 DR1 插入转子 40 的转子轴 41 中,并与转子芯 41 连接。转子芯 41 由多个沿着转轴方向 DR1 堆叠的电磁钢板形成。磁体 42 从转轴方向 DR1 插入转子芯 41 中。

[0041] 定子 50 的定子芯 52 构造成具有多个沿着转轴方向 DR1 堆叠的电磁钢板。定子线圈 51 绕定子芯 52 缠绕。定子芯 51 由 U 相线圈组、V 相线圈组和 W 相线圈组形成,这些线圈组的端子连接到三相电缆 20。

[0042] 图 2 是从图 1 的方向 A 观察的定子 50 的平面图。

[0043] 参照图 2, 定子芯 52 呈中空圆筒形状, 并包括沿着内周方向排列的 48 个齿 1。在定子芯 52 处, 线圈被接收在彼此隔开与一个磁极距对应的 6 个槽的两个槽处。在相应的彼此隔开 6 个槽的两个槽处接收的线圈被串联连接以构成与绕定子芯 52 的一个完整的匝对应的单元线圈。总计六个这样的单元线圈绕定子芯 52 缠绕以构成定子线圈 51, 其中接收线圈的槽分别偏移正好一个槽。U 相线圈组、V 相线圈组和 W 相线圈组的每个组由分别偏移正好一个槽的两个单元线圈形成。

[0044] 具体而言, 线圈 510-517 构成第一 U 相线圈, 线圈 520-527 构成第二 U 相线圈。线圈 510-517 布置在最外周侧上。线圈 520-527 位于线圈 510-517 的内侧处, 并相对于线圈 510-517 沿着圆周方向偏移正好一个槽。线圈 510-517 和线圈 520-527 构成 U 相线圈组。

[0045] 线圈 530-537 构成第一 V 相线圈, 线圈 540-547 构成第二 V 相线圈。线圈 530-537 布置在线圈 520-527 的内侧, 并相对于线圈 520-527 沿着圆周方向偏移正好一个槽。线圈 540-547 布置在线圈 530-537 的内侧, 并相对于线圈 530-537 沿着圆周方向偏移正好一个槽。线圈 530-537 和线圈 540-547 构成 V 相线圈组。

[0046] 线圈 550-557 构成第一 W 相线圈, 线圈 560-567 构成第二 W 相线圈。线圈 550-557 布置在线圈 540-547 的内侧, 并相对于线圈 540-547 沿着圆周方向偏移正好一个槽。线圈 560-567 布置在线圈 550-557 的内侧, 并相对于线圈 550-557 沿着圆周方向偏移正好一个槽。线圈 550-557 和线圈 560-567 构成 W 相线圈组。

[0047] 线圈 510-517、520-527、530-537、540-547、550-557 和 560-567 的每个串联缠绕在相应多个齿的每个处。例如, 线圈 510 在五个连续齿的整体处从外周侧缠绕预定的次数。其余线圈的每个以类似于线圈 510 的方式缠绕在相应的五个齿处。

[0048] 线圈 510-517 串联连接, 并包括作为一端的端子 U1 和作为另一端的中性点 UN1。线圈 520-527 串联连接, 并包括作为一端的端子 U2 和作为另一端的中性点 UN2。

[0049] 线圈 530-537 串联连接, 并包括作为一端的端子 V1 和作为另一端的中性点 VN1。线圈 540-547 串联连接, 并包括作为一端的端子 V2 和作为另一端的中性点 VN2。

[0050] 线圈 550-557 串联连接, 并包括作为一端的端子 W1 和作为另一端的中性点 WN1。线圈 560-567 串联连接, 并包括作为一端的端子 W2 和作为另一端的中性点 WN2。

[0051] 中性点 UN1、UN2、VN1、VN2、WN1 和 WN2 共同地连接在一点处。端子 U1 和 U2 连接到三相电缆 20 的 U 相电缆 21。端子 V1 和 V2 连接到三相电缆 20 的 V 相电缆 22。端子 W1 和 W2 连接到三相电缆 20 的 W 相电缆 23。

[0052] 图 3 是从图 1 中的方向 A 观察的转子 40 和定子 50 的平面视图。

[0053] 参照图 3, 转子 40 布置在定子 50 的内周侧。八个磁体 42 沿着圆周方向 DR2 布置。磁体 42A、42C、42E 和 42G 布置成转子芯 41 的外周侧用作 N 极。磁体 42B、42D、42F 和 42H 布置成转子芯 41 的外周侧用作 S 极。八个磁体 42 (42A-42H) 沿着转子 40 的径向方向进行磁化, 并沿着圆周方向 DR2 布置使得磁体的极性在相邻的磁体之间相反。图 2 中的线圈 510-517、520-527、530-537、540-547、550-557 和 560-567 布置成与八个磁体 42 (42A-42H) 相对应。

[0054] 定子芯 52 包括四十八个齿 1。齿 1 的数量限定成是转子 40 中的磁体 42 (42A-42H) 的磁极的数量的六倍 (整数倍)。

[0055] 图 4 是图 1 中的转子 40 的立体视图。

[0056] 参照图 4, 转子 40 的转子芯 41 呈大致圆筒的形状, 并包括柱面 41A。磁体 42 从旋转轴方向 DR1 嵌在转子芯 41 中。

[0057] 包括定子芯 52 (针对每极和每相设置两个槽) 和定子线圈 51 (由在正好偏移一个槽的多个槽处缠绕的每相第一和第二线圈连接而形成) 的旋转电机通常称为“每极每相两槽分布绕组电动机”。

[0058] 再次参照图 2, 在定子芯 52 中沿着圆周方向布置的四十八个齿 1 分成具有在位于两侧的两个槽中接收同相线圈的齿 (以下还称为同相间齿) 和具有在位于两侧的两个槽中接收异相线圈的齿 (以下还称为异相间齿)。

[0059] 具体地, 对于图 2 中的一个磁极, 沿着圆周方向连续布置的六个齿 (1-6) 中的齿 1 对应于同相间齿, 这是因为 U 相线圈 511 和 521 被接收在位于两侧的两个槽中。类似地, 齿 3 对应于同相间齿, 这是因为其夹在接收 V 相线圈 531 和 541 的两个槽之间。此外, 齿 5 对应于同相间齿, 这是因为其夹在接收 W 相线圈 551 和 561 的两个槽之间。

[0060] 相反, 齿 2 对应于异相间齿, 这是因为 U 相线圈 521 和 V 相线圈接收在位于两侧的两个槽处。类似地, 齿 4 对应于异相间齿, 这是因为 V 相线圈 541 和 W 相线圈 551 接收在位于两侧的两个槽处。此外, 齿 6 对应于异相间齿, 这是因为 W 相线圈 561 和 U 相线圈 510 接收在位于两侧的两个槽处。

[0061] 因而, 图 2 的每极每相两槽分布绕组电动机具有在定子芯 52 处沿圆周方向交替布置的同相间齿和异相间齿。当作为交流电流的电动机控制电流 MLTI 供应到定子芯 51 时, 在定子芯 52 中产生磁通。所产生的磁通经过同相间齿 (例如, 齿 1, 3 和 5) 和异相间齿 (例如, 齿 2, 4 和 6) 以经由位于定子芯 52 的内周面和转子芯 (未示出) 的外周面之间的间隙流入转子 40 中。

[0062] 在此阶段, 在同相间齿和异相间齿的每个处产生如图 5 中所示的电磁激励。此电磁激励是由于交流电流供应到定子 50 的定子芯 51 而施加到齿 1 以在齿 1 处产生振动的力。

[0063] 图 5 是描述施加到齿 1 的电磁激励的图。

[0064] 参照图 5, 在旋转电机 100 中产生为 4 的整数倍的旋转阶数 (engineorder) 的电磁激励, 这是因为转子 40 包括八个磁体 42, 形成了四对 NS 极。即, 产生具有 4、8、12、16、20、24... 旋转阶数的电磁激励。已知, 在前述阶数中与 $6f$ (f : 电动机控制电流 MTLI 的基本频率) 电磁激励对应的第 24 阶电磁激励 (以下还称为旋转 24 阶电磁激励) 对电动机电磁噪声和振动具有最大的影响。

[0065] 如图 5 所示, 旋转 24 阶电磁激励具有施加到齿 1、2、3、4、5... 中每个的分量。在每一个齿 1 处的电磁激励集中地施加到齿 1 前端。

[0066] 此外, 施加到齿 1、2、3、4、5、6... 中每个的电磁激励的方向在相邻的齿之间相反。具体地, 如附图中的粗箭头表示, 施加到齿 1、3 和 5 中每个的电磁激励 F1 由向外方向的径向分量和沿着一个方向的周向分量表示。相比之下, 如附图中空心箭头所示, 施加到齿 2、4 和 6 中每个的电磁激励 F2 由在向内方向的径向分量和沿着另一方向的周向分量表示。因而, 方向彼此相反的电磁激励施加到沿着圆周方向交替布置的同相间齿 1、3、5... 和异相间齿 2、4、6...。

[0067] 因而, 电磁激励由在齿 1 的前端处沿着径向方向施加的分量和沿着圆周方向施加

的分量表示,其中,径向方向的分量相对大于圆周方向的分量。即,在电动机处,由旋转 24 阶的电磁激励引起径向方向的振动和圆周方向的振动的合成振动。径向方向的振动对于引起电磁噪声的电动机振动占主要地位。在本发明中,从降低电磁噪声的观点出发,重点在于沿着径向方向施加在齿 1 的前端区域处的电磁激励。

[0068] 本身施加到齿 1 的每个的电磁激励根据作为交流电流的电动机控制电流 MTLI 而随时间产生大小和方向的变化。始终保持在相邻的齿之间沿彼此相反方向施加的电磁激励的关系。

[0069] 图 6 表示定子芯 52 的齿 1、2、3、4、5、6... 和旋转 24 阶的电磁激励之间的关系。在图 6 中,齿由展开图表示。

[0070] 参照图 6,旋转 24 阶电磁激励包括沿着正方向施加到同相间齿 1、3 和 5 的电磁激励 F1 以及沿着负方向施加到异相间齿 2、4 和 6 的电磁激励 F2。对于施加到齿 1 的每个的电磁激励的圆周方向的分量,如上所述,对电磁噪声的影响较小。因而,此处将不给出其图示和描述。

[0071] 施加到同相间齿 1、3 和 4 与施加到异相间齿 2、4 和 6 的电磁激励的水平将会有差异。即,建立施加到异相间齿 2、4 和 6 的电磁激励大于施加到同相间齿 1、3 和 5 的电磁激励这样的关系。因而,在定子芯 52 处,相邻齿 1 之间沿相反方向施加的电磁激励将存在不平衡。与其间电磁激励的差异对应的分量将沿着径向方向作用到定子芯 52 的整体。结果,定子芯 52 将沿着径向方向振动以造成电磁噪声的产生。

[0072] 在同相间齿和异相间齿之间经过齿的磁通数 Φ 的差异可以认为是造成同相间齿的电磁激励和异相间齿的电磁激励之间的水平差的一个因素。如果经过同相间齿的磁通数 Φ 可以设定为等于通过异相间齿的磁通数 Φ ,则可以使所施加的电磁激励的水平彼此相等,从而消除了两者之间任何差。电磁激励彼此相等将使在同相间齿和异相间齿之间沿相反方向施加的电磁激励抵消,由此可以使施加到定子芯 52 的整体的旋转 24 阶电磁激励大致为零。结果,可以抑制定子芯 52 的振动。

[0073] 作为使通过同相间齿和异相间齿的磁通数相等的方法,本实施例的旋转电机 100 构造成对于每个齿形成的磁回路,在同相间齿和异相间齿之间具有磁阻差。考虑到磁通势基于电动机控制电流 MTLI 和定子线圈 51 的绕组匝数固定为预定值,通过提供两个齿之间磁阻差将磁通数设定成相等。

[0074] 具体而言,由电动机控制电流 MTLI 形成的磁回路的磁阻由磁区域处的磁阻和气隙区域处的磁阻的总和表示。众所周知,磁阻由“磁阻=平均磁路长度/(透磁率×磁路的横截面积)”表示。在本实施例中,如下文所述,通过使同相间齿和异相间齿之间气隙宽度(对应于前述平均磁路长度)不同来建立磁阻差。

[0075] 图 7 是描述根据本发明第一实施例的定子芯 52 的图。

[0076] 参照图 7,定子芯 52 包括同相间齿 1(或者 3、5)的前端和转子芯 41 的外周面之间的气隙,其设定成宽度(对应于附图中的箭头 dg1)沿着圆周方向大致均一。

[0077] 此外,定子芯 52 具有在异相间齿 2(或者 4、6)和定子芯 41 的外周面之间的气隙,其设定成宽度沿着圆周方向不均一。

[0078] 具体地,异相间齿 2 具有在前端处面向径向方向外侧凹入的弧形凹部。此凹部被形成为避开在位于两侧的同相间齿 1 和 3 之间形成的槽开口的端部(对应于附图中的区

域 RGN)。换言之,弧形大致位于齿 2 的前端的中央,不延伸到圆周方向的两端区域。最凹入的区域处的气隙宽度设定为大于前述宽度 dg1 的宽度 dg2。

[0079] 通过这样的构造,同相间齿 1 和异相间齿 2 之间存在气隙处的磁阻差。鉴于气隙处的磁阻与其宽度成比例,与同相间齿 1 相比,异相间齿 2 由于相对较大的气隙宽度而具有更高磁阻。通过增大气隙区域处的磁阻,异相间齿 2 处的磁回路的磁阻变得高于同相间齿 1 处的磁回路的磁阻。

[0080] 在异相间齿 2 处,通过增大的磁阻而减小了经过的磁通数。此磁阻的减小将导致施加到异相间齿 2 的电磁激励更低。通过将气隙宽度差设置成异相间齿 2 的减小后的磁通数大致等于同相间齿 1 的磁通数,施加到异相间齿 2 的电磁激励和施加到同相间齿 1 的电磁激励的水平变得彼此相等。因而,沿着彼此相反方向施加的电磁激励 F1 和电磁激励 F2 彼此抵消,使得施加到定子芯 52 的整体的旋转 24 阶电磁激励大致为零。结果,抑制了定子芯 52 处的振动,从而能够降低旋转电机 100 的电磁噪声。

[0081] 通过将异相间齿 2 的凹部设置成槽开口的端部处的气隙宽度在相邻的同相间齿 1 和 3 之间连续,如以上参照图 7 所述,就不需要对定子 50 的制造步骤进行设计修改。例如,诸如绝缘纸之类的电绝缘构件通常插在槽开口的端部处以确保定子线圈 51 和齿 1 之间的电绝缘。通过本发明,不必修改用于绝缘纸的设计,这是因为槽开口端部的构造保持如在传统的情况那样。

[0082] 图 9 是描述在驱动本发明的旋转电机 100 的过程中产生的电磁噪声的示意图。

[0083] 参照图 9,对于传统的旋转电机,在电动机的旋转速度比较低的低频和高频范围中,由于声压水平比较高,电磁噪声变得显著。这是由于前述旋转 24 阶电磁激励造成的。

[0084] 相反,本发明的旋转电机 100 具有的旋转 24 阶电磁激励大致抑制为零,使得低频范围和中频范围处的声压水平的增大受到抑制,导致电磁噪声显著降低。

[0085] 本发明的旋转电机 100 提供了降低铁损失的优点。详细地,随着磁束密度增大铁损失变大,并且是电动机效率降低的一个因素。在传统的旋转电机中,异相间齿所具有的铁损失比同相间齿相对多,这是因为异相间齿具有的磁通数比同相间齿相对更多,并具有高磁通密度(=磁通数/横截面积)。

[0086] 本发明的旋转电机 100 通过将异相间齿和同相间齿之间的磁通数设定成相等而调节成具有在异相间齿和同相间齿之间大致相等的磁通密度。因而,在异相间齿处产生的铁损失降低到大致等于同相间齿的铁损失的水平。因而,定子芯 52 的整体处产生的铁损失与传统的旋转电机相比得到降低。结果,电动机的效率得到提高。

[0087] (修改方案)

[0088] 图 10 是描述根据本发明第一实施例的修改方案的旋转电机的定子芯的图。

[0089] 参照图 10,定子芯 52A 具有同相间齿 1(或者 3、5)的前端与转子芯 41 的外周面之间的的气隙,其设定成宽度(对应于附图中的箭头 dg1)沿着圆周方向大致均一。同相间齿 1、3 和 5 的前端位于与绕旋转电机的转轴的半径为 R1 的同一个圆周上。

[0090] 此外,定子芯 52 还具有异相间齿 2(或者 4、6)与转子芯 41 的外周面之间的的气隙,其设定成宽度(对应于附图中的箭头 dg2A)沿着圆周方向大致均一。异相间齿 2、4 和 6 的前端位于与绕旋转电机的转轴的半径为 R2($R2 > R1$)的同一个圆周上。

[0091] 在本修改方案中,异相间齿 2 具有的气隙宽度 dg2A 设定成大于同相间齿 1、3 和 5

的气隙宽度 $dg1$ 。因而,由异相间齿 2、4 和 6 形成的磁回路的磁阻表示的值比同相间齿 1、3 和 5 的磁回路的磁阻的值要高。通过将气隙宽度 $dg2A$ 设定成异相间齿 2 的磁通数大致等于同相间齿 1 的磁通数,施加到异相间齿 2 的激励可以设定成大致等于施加到同相间齿 1 的激励。通过抵消在同相间齿 1 和异相间齿 2 之间沿着彼此相反方向施加的电磁激励 $F1$ 和 $F2$,将施加到定子芯 52 的整体的旋转 24 阶电磁激励大致设定为零。结果,抑制了定子芯 52 处的振动,从而能够降低旋转电机 100 的电磁噪声。

[0092] 根据本发明的第一实施例,可以将施加到旋转电机的定子芯的电磁激励大致设定为零。结果,可以抑制定子芯振动,降低电磁噪声。

[0093] (第二实施例)

[0094] 图 11 是根据本发明第二实施例的旋转电机的定子芯的图。

[0095] 参照图 11,定子芯 52B 构造成圆周方向的齿长度在同相间齿 1(或者 3、5)和异相间齿 2(或者 4、6)之间不同。具体地,齿形成为异相间齿 2 的圆周方向长度(对应于附图中的 12)大于同相间齿 1 的圆周方向长度(对应于附图中的 11)。由于每个齿的在转轴方向上的长度相等,所以异相间齿 2 的横截面积小于同相间齿 1 的横截面积。

[0096] 鉴于齿区域的磁阻与齿的横截面积成反比,异相间齿 2 的齿区域的磁阻变得大于同相间齿 1 的齿区域的磁阻。

[0097] 因而,异相间齿 2 具有的磁回路由于齿区域的磁阻高于同相间齿 1 的齿区域的磁阻而形成具有高于同相间齿 1 的磁阻。

[0098] 在异相间齿 2 处,通过增大的磁阻使经过的磁通数减小。此磁通的减小将降低施加到异相间齿 2 的电磁激励。通过建立圆周方向的齿长度的差异使得异相间齿 2 的减小后的磁通数大致等于同相间齿 1 的磁通数,使施加到异相间齿 2 的电磁激励和施加到同相间齿 1 的电磁激励大致彼此相等。这导致两者之间沿着相反方向施加的电磁激励抵消,使得施加到定子芯 52 整体的旋转 24 阶电磁激励大致设定为零。结果,抑制了定子芯 52 处的振动,并能减小旋转电机 100 的电磁噪声。

[0099] 根据本发明第二实施例,可以将施加到旋转电机的定子芯的 6f 电磁激励大致设定为零。结果,可以抑制定子芯的振动,从而能降低电磁噪声。

[0100] 在本发明中,使同相间齿和异相间齿之间的横截面积不同的构造由“磁阻调节装置”来实现。

[0101] 应该理解到,此处公开的实施例在每个方面是解释性的,而非限制性的。本发明的范围不是由以上所述的描述限定而是由所附的权利要求限定,并且落在该权利要求的限制和边界或者其等同方案内的所有改变方案都意欲被该权利要求涵盖。

[0102] 工业应用性

[0103] 本发明可以应用到包括每极每相形成两个槽的定子芯的旋转电机。

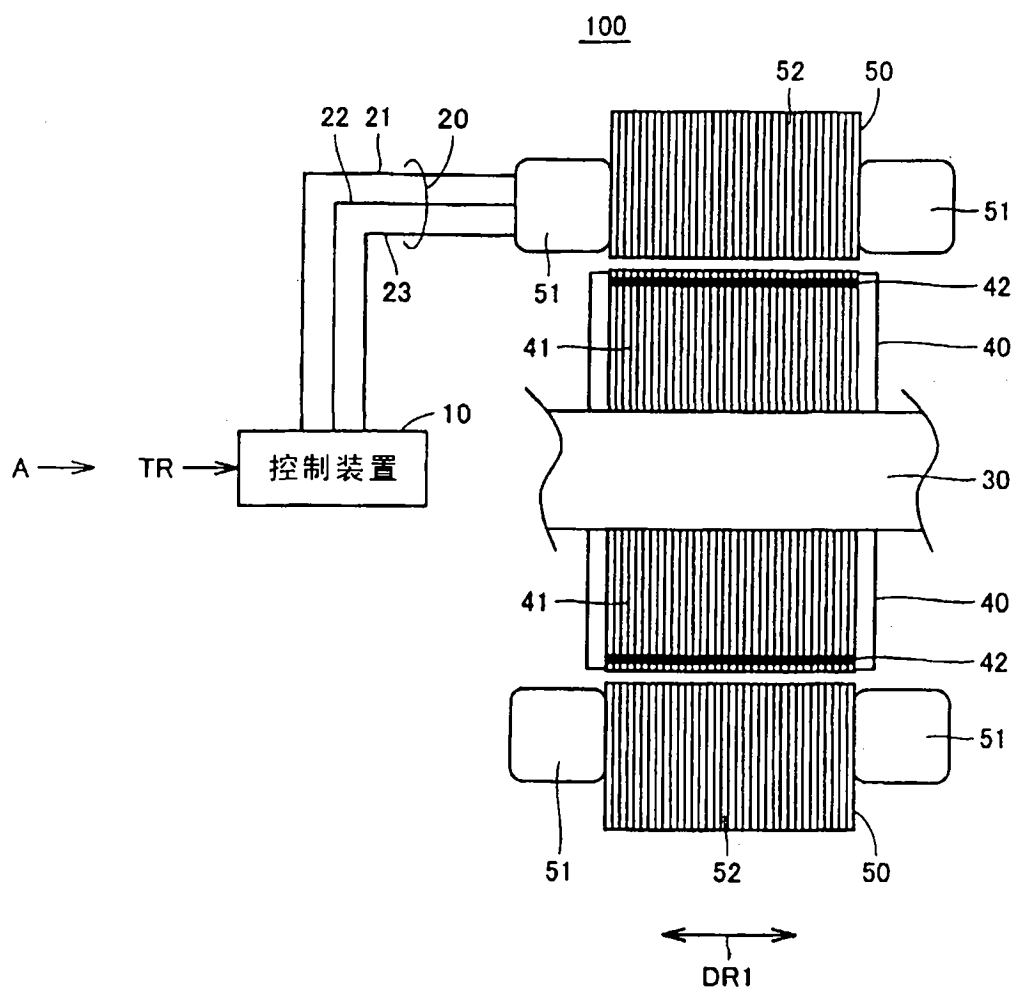


图 1

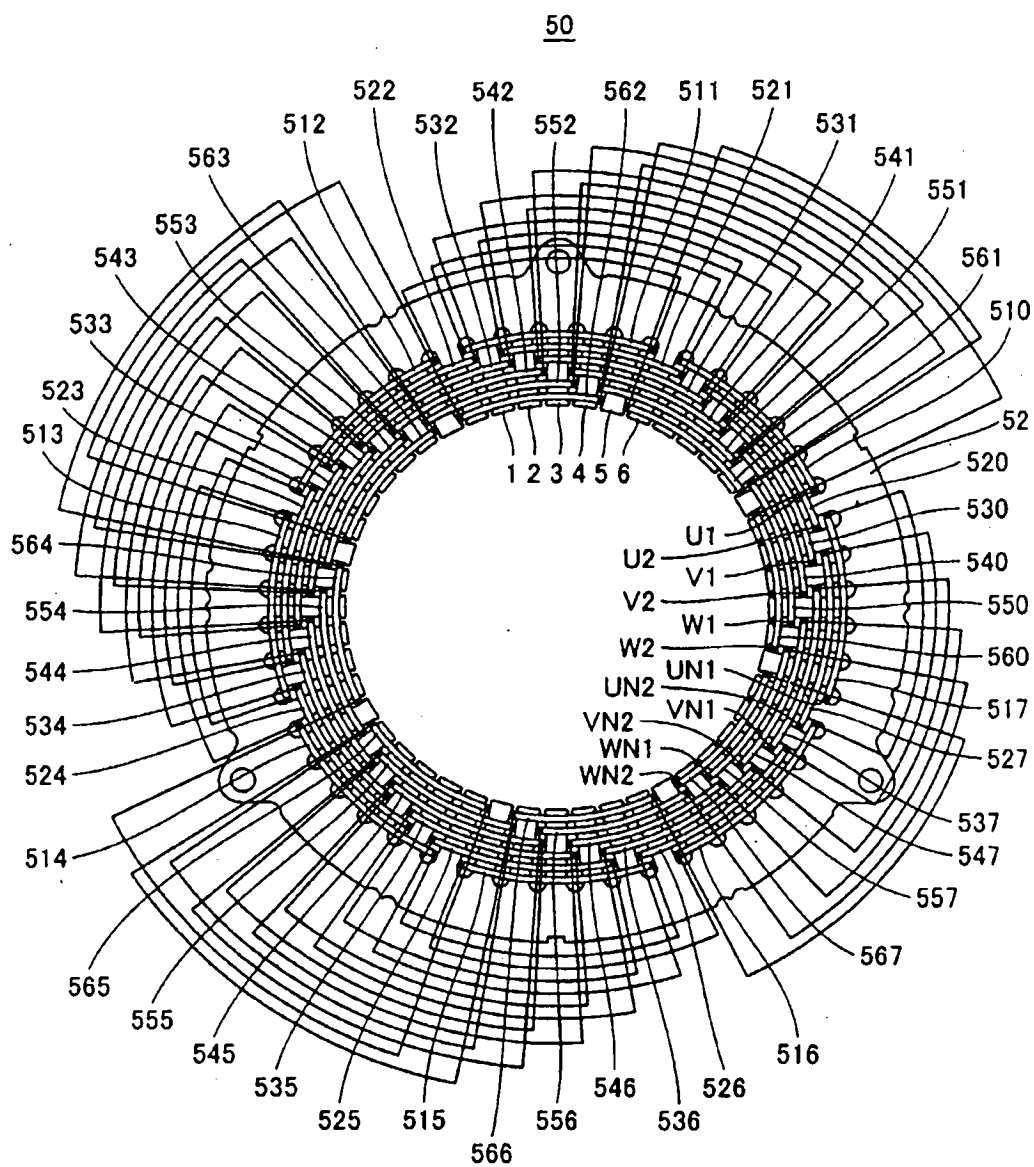


图 2

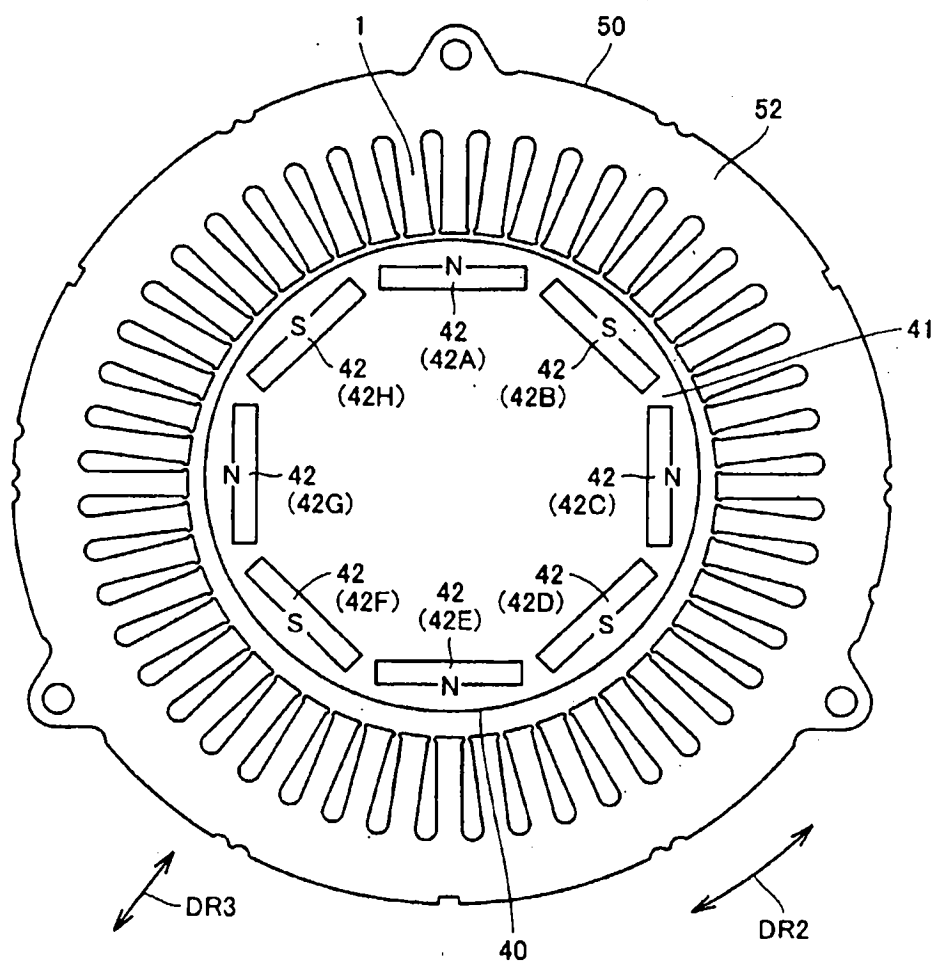


图 3

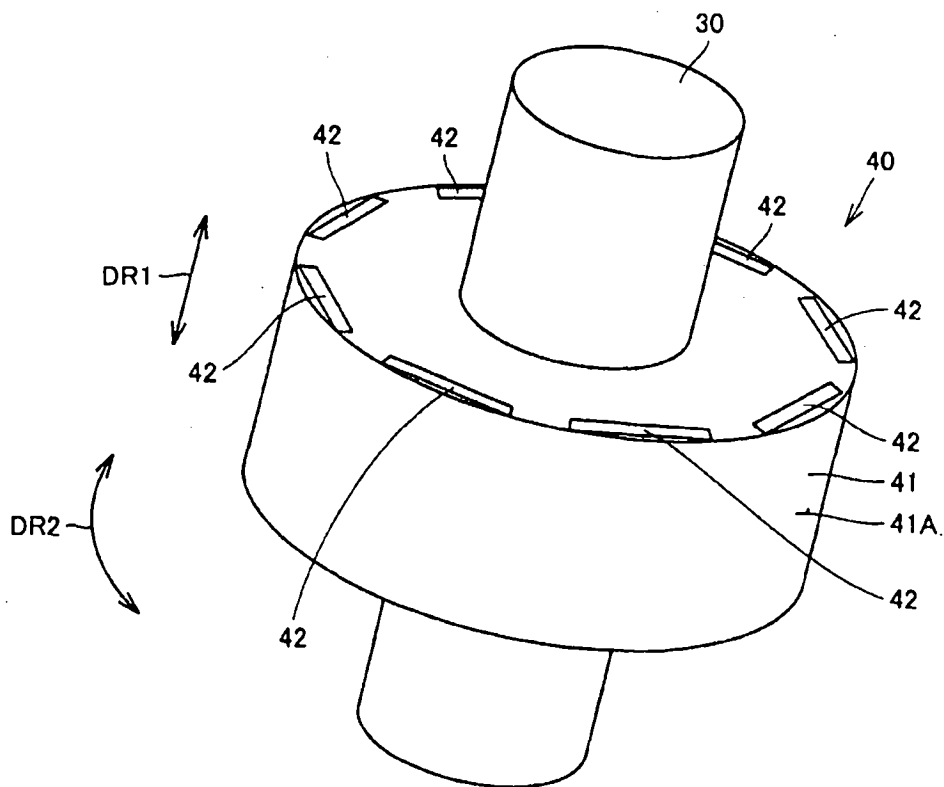


图 4

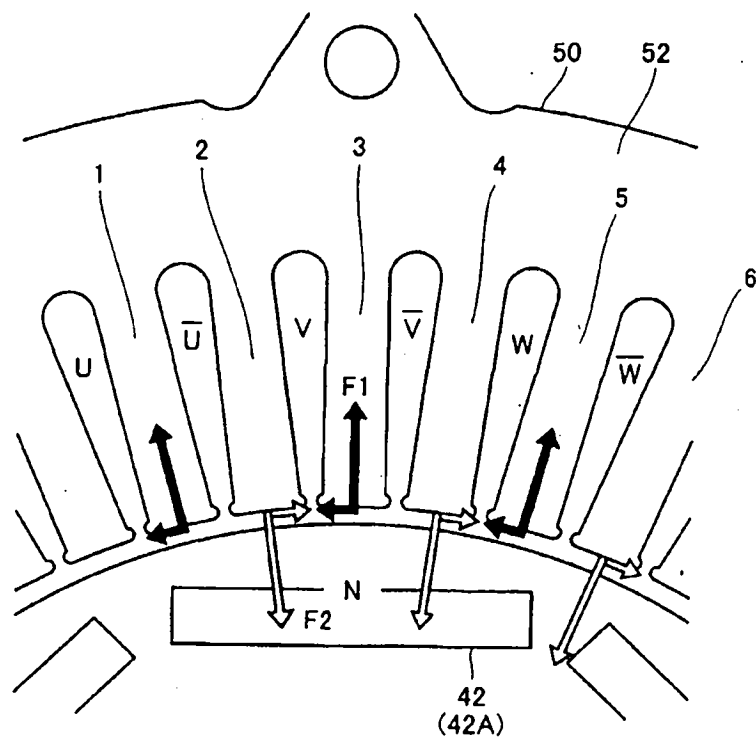


图 5

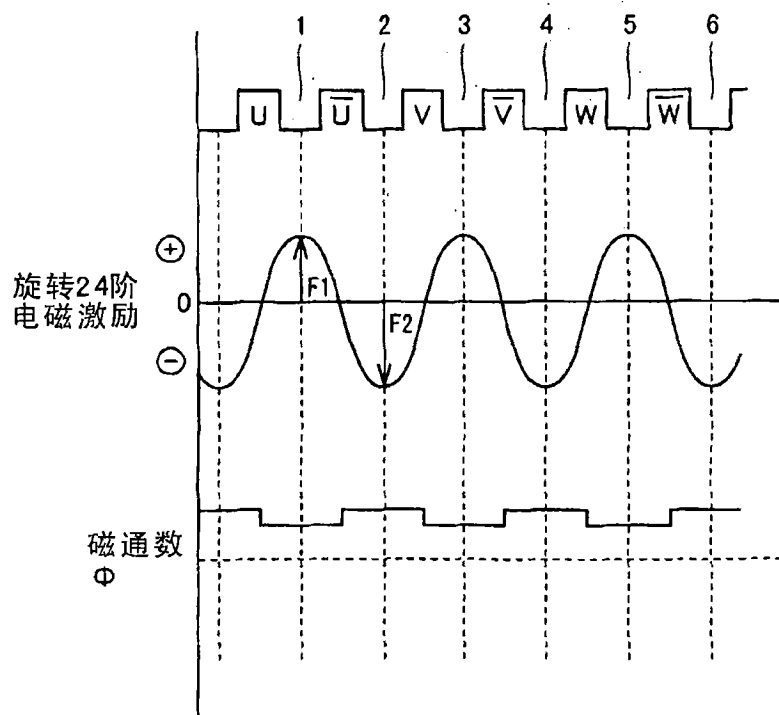


图 6

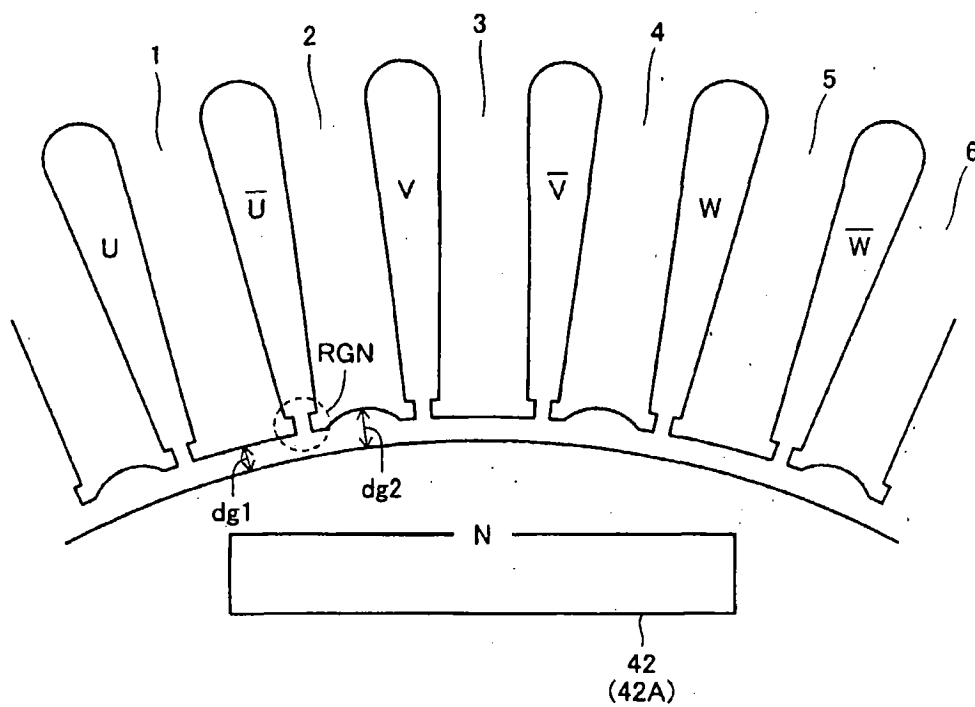


图 7

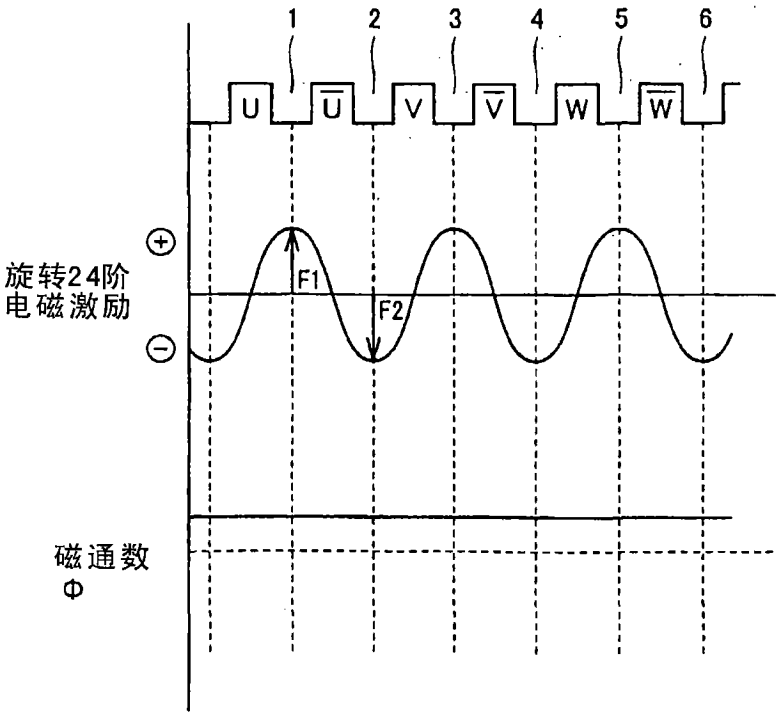


图 8

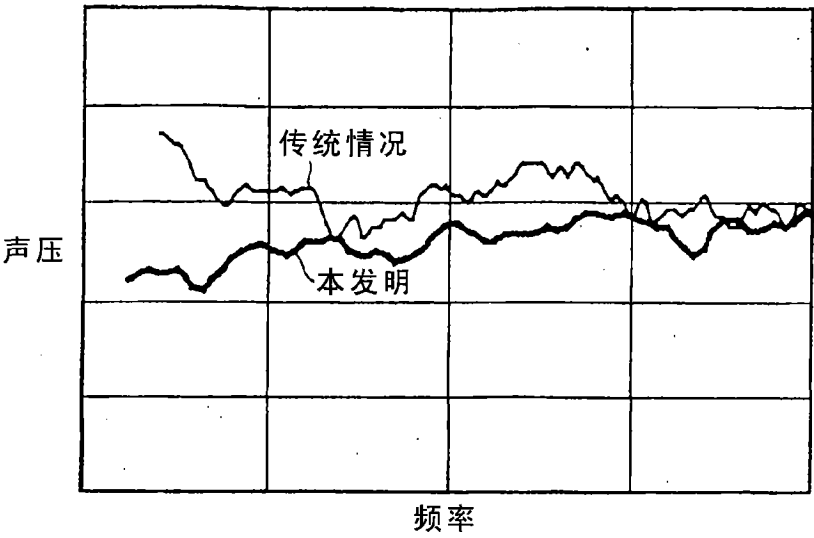


图 9

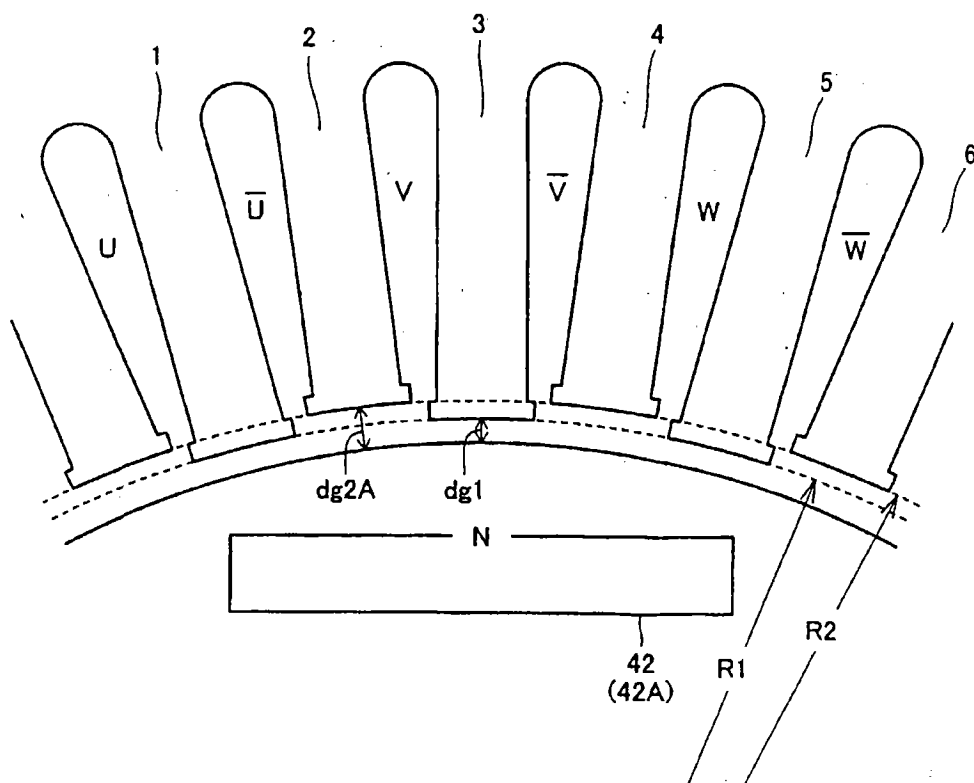


图 10

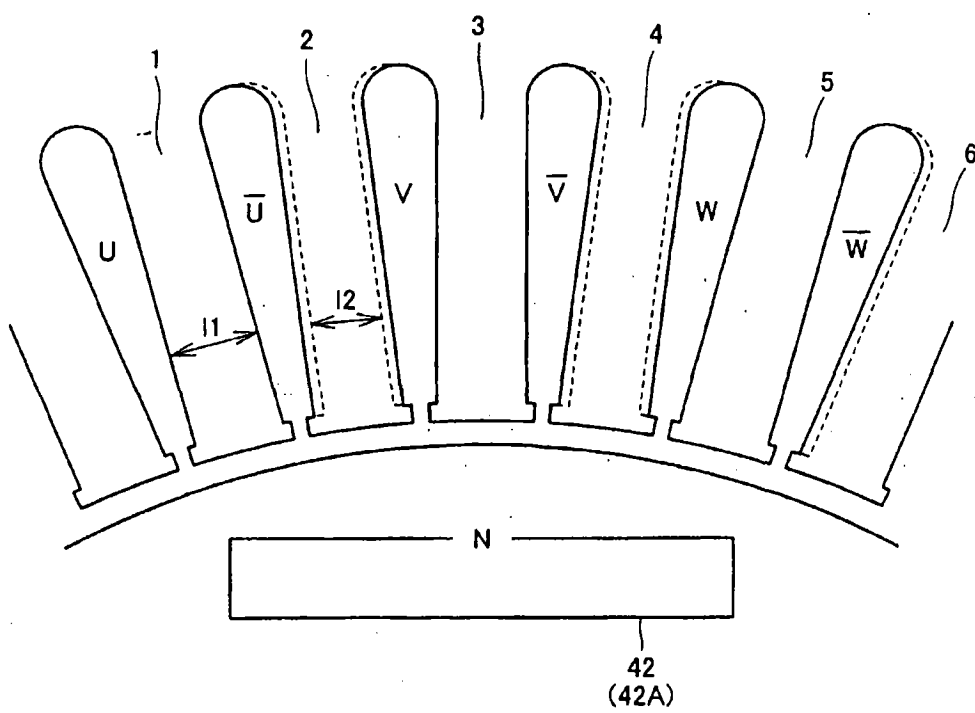


图 11