(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 102013745 B
(45)授权公告日 2013.07.24

(21)申请号 201010526254.9
(22)申请日 2007.11.23
(30)优先权数据
2006-316444 2006.11.24 JP
(62)分案原申请数据
200710193672.9 2007.11.23
(73)专利权人 株式会社日立制作所
地址 日本东京都
(72)发明人 郡大祐 藤垣哲朗 相泽秀树 饭塚元信 岩井康 三上浩幸 木村守
(74)专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司 11021
代理人 朱丹
(51)Int.Cl.
H02K 1/27(2006.01)
H02K 1/32(2006.01)
H02K 9/06(2006.01)
H02K 15/03(2006.01)
(56)对比文件
CN 2237899 Y,1996.10.16,
US 2006/0055267 A1,2006.03.16,
CN 1756038 A,2006.04.05,
CN 1784918 A,2006.06.07,
审查员 李莎

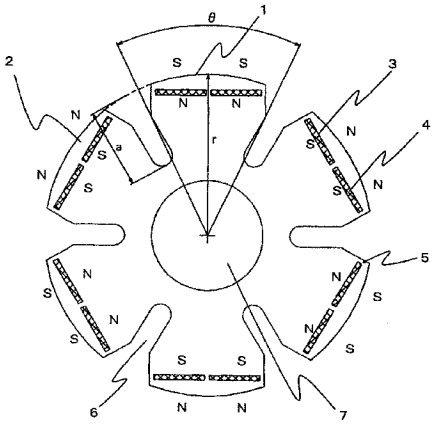
权利要求书2页 说明书5页 附图15页

(54)发明名称

风力发电系统

(57)摘要

本发明提供一种风力发电系统，设置在风车机舱内的旋转电机通过增速齿轮与风车连接，该旋转电机通过电力转换器与电力系统连接，旋转电机是在与定子的内周面具有规定间隙相对配置的转子的转子沟槽内收容有永磁铁的永磁铁式旋转电机，永磁铁以沿转子铁芯的周方向交替改变极性的方式被配置在转子铁芯上，且在转子铁芯上形成有沿轴向延伸的冷却用通风路，冷却用通风路由在相邻的异极间从转子铁芯的径向外侧端部向转子的旋转轴中心延伸的槽构成，向冷却用通风路导入来自在旋转轴上固定的风扇的冷却风，冷却用通风路接收来自风扇的冷却风，并使冷却风向转子铁芯循环，以在转子旋转时冷却转子，旋转电机是对应于风车的旋转而产生电力的永磁铁式发电机。



CN 102013745 B

1. 一种风力发电系统，设置在风车机舱内的旋转电机通过增速齿轮与风车连接，该旋转电机通过电力转换器与电力系统连接，其特征在于，

所述旋转电机是在与定子的内周面具有间隙相对配置的转子的永磁铁沟槽内收容有永磁铁的永磁铁式旋转电机，

所述永磁铁以沿转子铁芯的周方向交替改变极性的方式被配置在所述转子铁芯上，并且在所述转子铁芯上形成有沿轴向延伸的冷却用通风路，所述冷却用通风路由在相邻的异极间从所述转子铁芯的径向外侧端部向所述转子的旋转轴中心延伸的槽构成，

向该冷却用通风路导入冷却风，

该冷却用通风路使所述冷却风向转子铁芯循环，以在所述转子旋转时冷却所述转子，

所述旋转电机是对应于所述风车的旋转而产生电力的永磁铁式发电机，

所述冷却用通风路的径向深度比所述永磁铁的径向轴中心侧端部位置深，

所述冷却用通风路的壁面在径向上大致平行，

所述冷却用通风路的形状包括三部分，一是在转子铁芯的外周侧形成为外周侧展开的近似梯形形状部分，二是从近似梯形形状的径向中心侧端部向轴中心方向延伸的近似矩形形状部分，三是与所述近似矩形形状部分的短边相接且向轴中心方向延伸的近似半圆部分。

2. 如权利要求 1 所述的风力发电系统，其特征在于，

在所述转子为六极的情况下，所述冷却用通风路的周方向宽度在将构成转子铁芯 1 极部分的宽度的角度设为 θ 时，θ 在 50° 以上、58° 以下的范围。

3. 如权利要求 1 所述的风力发电系统，其特征在于，

所述冷却用通风路的从所述转子铁芯外周向轴中心延伸的径向深度 a 与所述转子铁芯的半径 r 的比例 a/r 在 33％以上、58％以下的范围。

4. 如权利要求 1 所述的风力发电系统，其特征在于，

在所述永磁铁转子中的比配置永磁铁的位置靠内径一侧，设有通风冷却用轴向管道。

5. 如权利要求 1 所述的风力发电系统，其特征在于，

在所述永磁铁转子的轴向中心设有通风冷却用的中间隔垫。

6. 如权利要求 1 所述的风力发电系统，其特征在于，

在所述永磁铁转子的通风冷却用的中间隔垫上设有管道片。

7. 如权利要求 1 所述的风力发电系统，其特征在于，

在设有所述冷却用通风路的空间里卷绕磁化用线圈。

8. 如权利要求 1 所述的风力发电系统，其特征在于，

所述转子在 1 极部分上至少使用两个平板磁铁，并且在从所述永磁铁转子的外周侧观察时所述平板磁铁配置为“∧”字形，且同极朝向径向外周侧。

9. 如权利要求 1 所述的风力发电系统，其特征在于，

所述转子在 1 极部分上至少使用两个平板磁铁，并且在从所述永磁铁转子的外周侧观察时所述平板磁铁配置为“V”字形，且同极朝向径向外周侧。

10. 如权利要求 1 所述的风力发电系统，其特征在于，

所述转子在 1 极部分上至少使用两个平板磁铁，并且在从所述永磁铁转子的外周侧观察时所述平板磁铁平行配置，且同极朝向径向外周侧。

11. 如权利要求 1 所述的风力发电系统，其特征在于，

所述转子在 1 极部分上至少使用两个弧形磁铁，并且在从所述永磁铁转子的外周侧观察时所述弧形磁铁沿周方向配置，且同极朝向径向外周侧。

12. 如权利要求 1 所述的风力发电系统，其特征在于，

所述转子的转子铁芯的外径相对于定子内径非同心，其外径以 1 极部分的圆周方向中心左右对称。

13. 如权利要求 1 所述的风力发电系统，其特征在于，

所述转子的转子铁芯的外径相对于定子内径非同心，其外径在 1 极部分的圆周方向中心，旋转方向一侧的直径小于旋转反方向一侧的直径。

14. 如权利要求 1 所述的风力发电系统，其特征在于，所述转子在铁芯的永磁铁插入孔内部分割永磁铁。

15. 如权利要求 1 所述的风力发电系统，其特征在于，所述转子在轴向上对转子铁芯和永磁铁进行组分割。

风力发电系统

[0001] 本发明是申请号 200710193672.9、申请日 2007 年 11 月 23 日、发明名称“永磁铁式旋转电机、风力发电系统、永磁铁的磁化方法”的分案申请。

技术领域

[0002] 本发明涉及一种风力发电系统。

背景技术

[0003] 随着今年来风力发电导入量飞跃的增加，单机容量增加的基础上以提高经济为目的，对 1MW 以上大容量永磁铁电机的要求正在提高。在应用大容量永磁铁电机时，即使效率很高，其损失的绝对值也大。因此，为使发热密度与小容量电机同等程度，在增大旋转电机体积的情况下，重量会增加，制造成本和建设成本增大，所以有必要减小体积，提高发热密度。但是，高发热密度要求有高冷却性能，最终导致成本增加。另外，如果制成不容易发热的构造，则导致电气性能恶化，很难满足发电机的规格。为了实现低成本且不会有损于电气性能，并得到高效率的冷却，需要一种适合于冷却的构造。

[0004] 在专利文献 1 中公开了在极间设置空间，通过减少漏磁通等来抑制在极间的发热。

[0005] 专利文献 1 ：日本特开 2006-81377 号公报

[0006] 专利文献 1 只是在极间设置空间，通过防止在极间的漏磁通来防止在极间的发热，但并没有描述在旋转时的通过空冷进行的冷却，在本发明中，着眼于旋转时的空冷，提供一种适于空冷的转子构造。

发明内容

[0007] 因此，本发明所要解决的问题是提供一种风力发电系统，其中形成容易冷却发热的发电机的构造，体积缩小，成本降低。

[0008] 本发明提供一种风力发电系统，设置在风车机舱内的旋转电机通过增速齿轮与风车连接，该旋转电机通过电力转换器与电力系统连接，其特征在于，

[0009] 所述旋转电机是在与定子的内周面具有间隙相对配置的转子的永磁铁沟槽内收容有永磁铁的永磁铁式旋转电机，

[0010] 所述永磁铁以沿转子铁芯的周方向交替改变极性的方式被配置在所述转子铁芯上，并且在所述转子铁芯上形成有沿轴向延伸的冷却用通风路，所述冷却用通风路由在相邻的异极间从所述转子铁芯的径向外侧端部向所述转子的旋转轴中心延伸的槽构成，

[0011] 向该冷却用通风路导入冷却风，

[0012] 该冷却用通风路使所述冷却风向转子铁芯循环，以在所述转子旋转时冷却所述转子，

[0013] 所述旋转电机是对应于所述风车的旋转而产生电力的永磁铁式发电机。

[0014] 发明效果

[0015] 在风力发电系统中，可以实现容易冷却发热的发电机的构造、体积缩小、实现低成本。

附图说明

[0016] 图 1 是表示旋转电机的实施方法的说明图；（实施例 1）

[0017] 图 2 是表示旋转电机的实施方法的说明图；（实施例 1）

[0018] 图 3 是表示旋转电机的实施方法的说明图；（实施例 1）

[0019] 图 4 是表示旋转电机的实施方法的说明图；（实施例 2）

[0020] 图 5 是表示旋转电机的实施方法的说明图；（实施例 2）

[0021] 图 6 是表示旋转电机的实施方法的说明图；（实施例 2）

[0022] 图 7 是表示旋转电机的实施方法的说明图；（实施例 2）

[0023] 图 8 是表示旋转电机的实施方法的说明图；（实施例 2）

[0024] 图 9 是表示旋转电机的实施方法的说明图；（实施例 2）

[0025] 图 10 是表示旋转电机的实施方法的说明图；（实施例 2）

[0026] 图 11 是表示旋转电机的实施方法的说明图；（实施例 2）

[0027] 图 12 是表示旋转电机的实施方法的说明图；（实施例 2）

[0028] 图 13 是表示旋转电机的实施方法的说明图；（实施例 2）

[0029] 图 14 是表示旋转电机的实施方法的说明图；（实施例 3）

[0030] 图 15 是表示旋转电机的实施方法的说明图；（实施例 3）

[0031] 图 16 是表示旋转电机的实施方法的说明图；（实施例 4）

[0032] 图 17 是表示旋转电机的实施方法的说明图；（实施例 5）

[0033] 图 18 是表示旋转电机的实施方法的说明图。（实施例 6）

[0034] 符号说明

[0035] 1,20,30,40,50,60,70- 转子

[0036] 2,21,22,23,24,25- 转子铁芯

[0037] 3,4,44,80,90,92,93,96- 平板永磁铁

[0038] 5,81- 永磁铁沟槽

[0039] 6,18- 冷却用通风路

[0040] 7- 旋转轴

[0041] 8- 通风冷却用轴向管道

[0042] 9- 中间隔垫 (spacer)

[0043] 10- 管道片 (duct piece)

[0044] 11,16- 管道空间

[0045] 12- 冷却风的流动

[0046] 13- 空气冷却器

[0047] 14- 外部空气

[0048] 15- 风扇

[0049] 17- 定子

[0050] 19- 磁化用线圈

[0051] 41,42,43- 弧型永磁铁

[0052] 82- 引导板

[0053] 91- 粘结剂

[0054] 94,95- 永磁铁

[0055] 100- 旋转电机

[0056] 101- 风车机舱

[0057] 102- 增速齿轮

[0058] 103- 风车

[0059] 104- 电力系统

[0060] 105- 电力转换器

具体实施方式

[0061] 以下结合附图说明本发明的详细情况。各图中同一部分用相同的序号标注。

[0062] 实施例 1

[0063] 图 1 是本发明装置的第一实施例的 6 极永磁铁式旋转电机的永磁铁转子端部的剖面图。永磁铁转子 1 由转子铁芯 2 构成，永磁铁 3、4 被收容在转子铁芯 2 的永磁铁沟槽 5 里，所述永磁铁每 1 极部分上配置有两个。另外，永磁铁转子 1 在极间设有冷却用通风路 6，通过在该冷却用通风路 6 中流通冷却风，可以有效地冷却发电机内部。如图 1 所示，冷却用通风路 6 的通风路的形状是将转子铁芯的外周侧形成为近似梯形形状，并设有从近似梯形形状的径向中心侧端部向轴中心延伸的槽。这种构造的冷却性能可查阅图 2、图 3，可见其能有效地冷却。

[0064] 图 2 是表示图 1 中所述的构成转子铁芯的 1 极部分的宽度内径侧端部角度 θ 和永磁铁转子与定子的温度上升之间的关系的示意图。另外，在图 1 中，转子铁芯的 1 极部分的端部在直径方向上有两处，一处的情况下其端部角度为 θ 。从图 2 可知，通过使 θ 角为 50° 以上，可以使永磁铁的温度上升控制在 100k 以下，控制在退磁温度以下；通过使 θ 角在 58° 以下，在定子的绕组种类使用 H 种类的情况下，可以使温度上升的最高温度不会超过 140k。这是因为，作为规格电线的 H 种的绕组的最高温度的上限温度是 140k。

[0065] 由此，冷却用通风路 6 的通风路内径侧的圆周方向宽度，将构成转子铁芯的 1 极部分的宽度的内径侧端部角度设为 θ，θ 最好在 50° 以上，58° 以下的范围。

[0066] 图 3 是表示图 1 所述的冷却用通风路的径向深度尺寸 a 和永磁铁转子的温度上升与转子铁芯的应力的关系的示意图。通过将图 1 所述的冷却用通风路 6 的径向最佳深度 a 与转子铁芯的半径 r 的比例 a/r 设为 33％以上，将永磁铁控制在 100k 以下，控制在退磁温度以下，通过使比例 a/r 达到 58％以下，可以在使转子铁芯的应力不超过材料的屈服应力的情况下使用。

[0067] 由此，冷却用通风路 6 的径向深度 a 与转子铁芯的半径 r 的比例 a/r 优选在 33％以上，58％以下的范围。

[0068] 像这样，通过采用图 1 所示的冷却用通风路 6，可以降低发电机的发热密度，可以减小发电机的体积。另外，转子铁芯 2 与旋转轴 7 连接。当然，虽然本图中表示了六极，但其他的极数也同样可以实现，这是不言而喻的。

[0069] 实施例 2

[0070] 图 4 是本发明装置的第 2 实施例的 6 极永磁铁式旋转电机的永磁铁转子端部的剖面图。与第 1 实施例相同，永磁铁转子 20 由转子铁芯 21 构成，永磁铁 3、4 被收容在转子铁芯 21 的永磁铁沟槽 5 里，所述永磁铁在每 1 极部分上分别配置有两个。另外，永磁铁转子 20 在极间设有冷却用通风路 6，通过在该冷却用通风路 6 中流通冷却风，可以有效地冷却发电机内部。另外，在转子铁芯 21 的所述永磁铁的内径侧，在每一极都设有一个通风冷却用轴向管道 (Axial duct)8，可以使冷却风在轴向管道 8 通风。另外，转子铁芯 21 与旋转轴 7 连接。另外，在本图中，1 极部分周围只设有一处通风冷却用轴向管道 8，但也可以同样设置多个通风冷却用轴向管道 8。另外，在本图中，虽然将轴向管道的形状形成为圆形，但也可以是其他形状。

[0071] 图 5 是本发明装置的第 2 实施例永磁铁式旋转电机的轴方向 1/2 剖面图。观察冷却风的流动 12，通过空气冷却器 13 被外部空气 14 冷却了的空气，在与旋转轴 7 相连接的风扇 15 的作用下通过冷却用通风路 6、和通风冷却用轴向管道 8，从在中间隔垫 9 上呈放射状配置的管道片 10 形成的管道空间 11，流通到定子 17 的管道空间 16，向空气冷却器 13 循环。通过设置管道空间 11，可以有效地冷却发电机中心部分。

[0072] 图 6 是第 2 实施例的永磁铁转子 20 的中间隔垫 9 部分的径向剖面图。通过了在中间隔垫 9 的两面呈放射状配置有管道片 10 的通风冷却用轴向管道 8 之后的冷却风，碰到永磁铁转子 20 的轴方向中心部分、或碰到在空气冷却器排气一侧错开配置的中间隔垫 9，可以通过管道空间 11，通向定子一侧。由此，能够更有效地冷却所述永磁铁式旋转电机中心部分。

[0073] 在第 1 实施例以及第 2 实施例中，永磁铁转子 1 如图 7 所示，在从所述永磁铁转子 1 的外周侧观察每一极带有的至少两个以上的平板永磁铁 3、4 时，也可以使用按照同极朝向径向外周侧的方式配置成“八”字的永磁铁转子 30。

[0074] 在第 1 实施例以及第 2 实施例中，永磁铁转子 1 如图 8 所示，在从所述永磁铁转子 1 的外周侧观察每一极带有的至少两个以上的平板永磁铁 3、4 时，也可以使用按照同极朝向径向外周侧的方式配置成“V”字的永磁铁转子 40。

[0075] 在第 1 实施例以及第 2 实施例中，永磁铁转子 1 如图 9 所示，在从所述永磁铁转子 1 的外周侧观察每一极带有的至少两个以上的弧型永磁铁 41、42 时，也可以使用按照同极朝向径向外周侧的方式沿着周方向配置的永磁铁转子 50。

[0076] 在第 1 实施例以及第 2 实施例中，永磁铁转子 1 如图 10、图 11 所示，也可以使用不分割弧型永磁铁 43 而在每一极上带有一个的沿周方向配置的永磁铁转子 60、或使用不分割平板永磁铁 44 而在每一极上带有一个的平行配置的永磁铁转子 70。

[0077] 图 12、图 13 是永磁铁的固定法。把均分第 1 实施例以及第 2 实施例的平板永磁铁 3 之后的平板永磁铁 80 用安装于永磁铁沟槽 81 的引导板 82 固定，或者同样把均分第一实施例的平板永磁铁 3 之后的平板永磁铁 90 用粘结剂 91 固定。在大容量永磁铁式旋转电机的情况下，使用的永磁铁也大型化。由于制作大型的永磁铁很困难，所以通过采用磁铁分割方式，可以提高永磁铁转子的组装容易度。

[0078] 实施例 3

[0079] 图 14 是永磁铁转子的 1 极部分的图。通过将第 1 实施例以及第 2 实施例的转子

铁芯 22 的外周径设置成相对于定子 17 的内径非同心，使其外周径以 1 极部分的圆周方向中心左右对称，由此可以容易地使感应电压波形形成为正弦波。

[0080] 图 15 是永磁铁转子的 1 极部分的图。通过将第 1 实施例以及第 2 实施例的转子铁芯 22 的外周径设置成相对于定子 17 的内径非同心，使其外周径在 1 极部分的圆周方向中心，使旋转方向一侧的直径比旋转反方向一侧的直径小，由此可以降低电枢反作用。

[0081] 图 16 是本发明装置的第 1 实施例以及第 2 实施例所示的永磁铁式旋转电机的轴方向 1/2 剖面图。通过对转子铁芯 24 和永磁铁 94 在轴方向上进行小组分割，可以通过组的个数调整永磁铁式旋转电机的输出。

[0082] 实施例 5

[0083] 图 17 是本发明装置的第 1 实施例以及第 2 实施例所示的永磁铁式旋转电机的 1 极部分的图。通过使冷却用通风路 18 的通风冷却的槽向轴中心方向延伸，从而可以卷绕用于磁化永磁铁的磁化用线圈 19。

[0084] 实施例 6

[0085] 图 18 表示将本发明的旋转电机适用于风力发电系统的一个实例。第 1 实施例到第 5 实施例所示的旋转电机 100，通过增速齿轮 102 与风车 103 连接，并被设置在风车机舱 101 内。还有，旋转电机 100 通过电力转换器 105 与电力系统 104 连接，可以进行发电运转。另外，风车 103 还可以直接与旋转电机 100 连接。本发明以风力作为动力源，但还可以充分利用于例如水车、发动机、涡轮机等装置上。

[0086] 上述实施例的风力发电用旋转电机，具有在成为大容量电机时可以使用小型电机来进行冷却的优点。

[0087] 如上所述，本发明确保永磁铁式旋转电机的冷却效率的提高，确保了磁化性以及永磁铁转子的组装容易性，可以减少部件的数量。

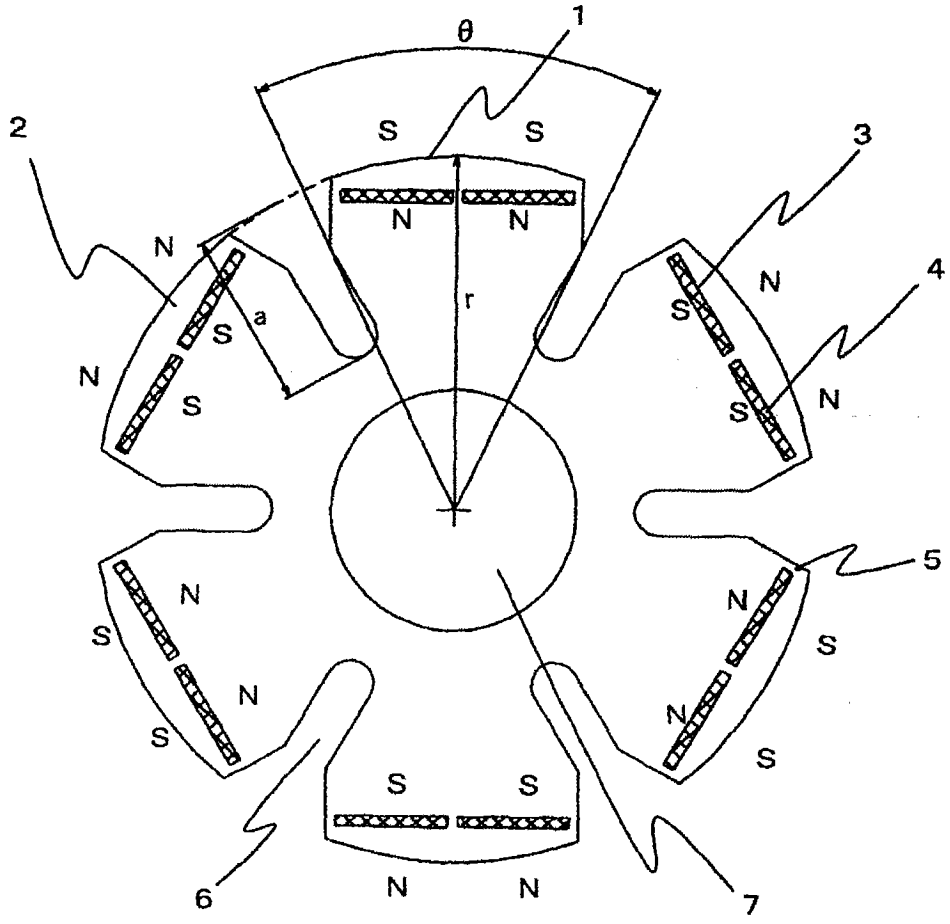


图 1

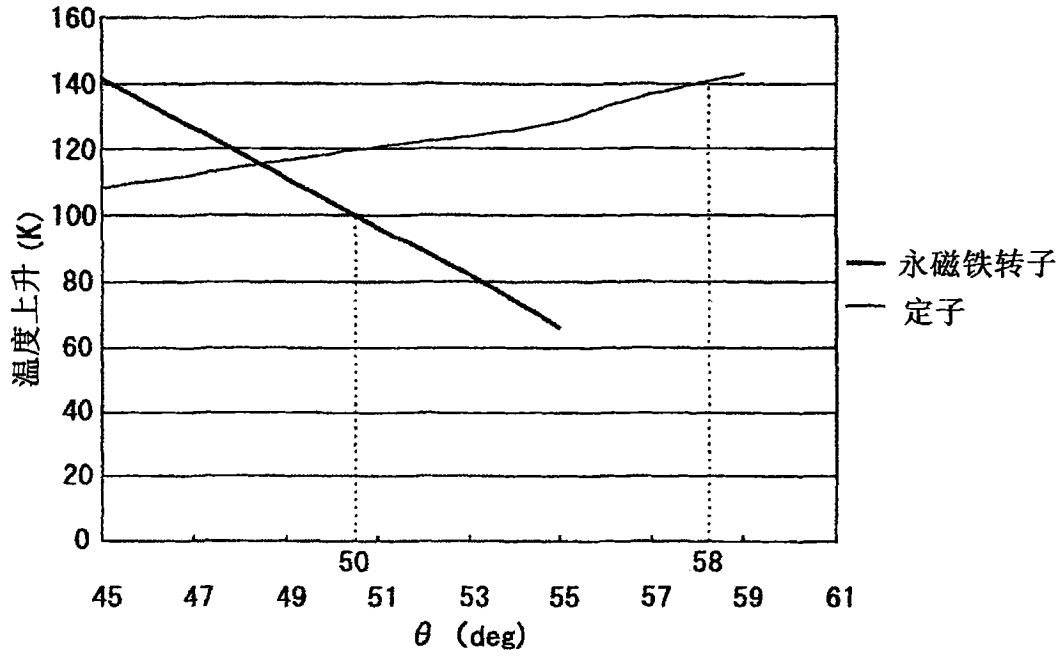

160
140
120
100
80
60
40
20
0
温度上升 (K)
50
58
45 47 49 51 53 55 57 59 61
θ (deg)
永磁铁转子
定子

图 2

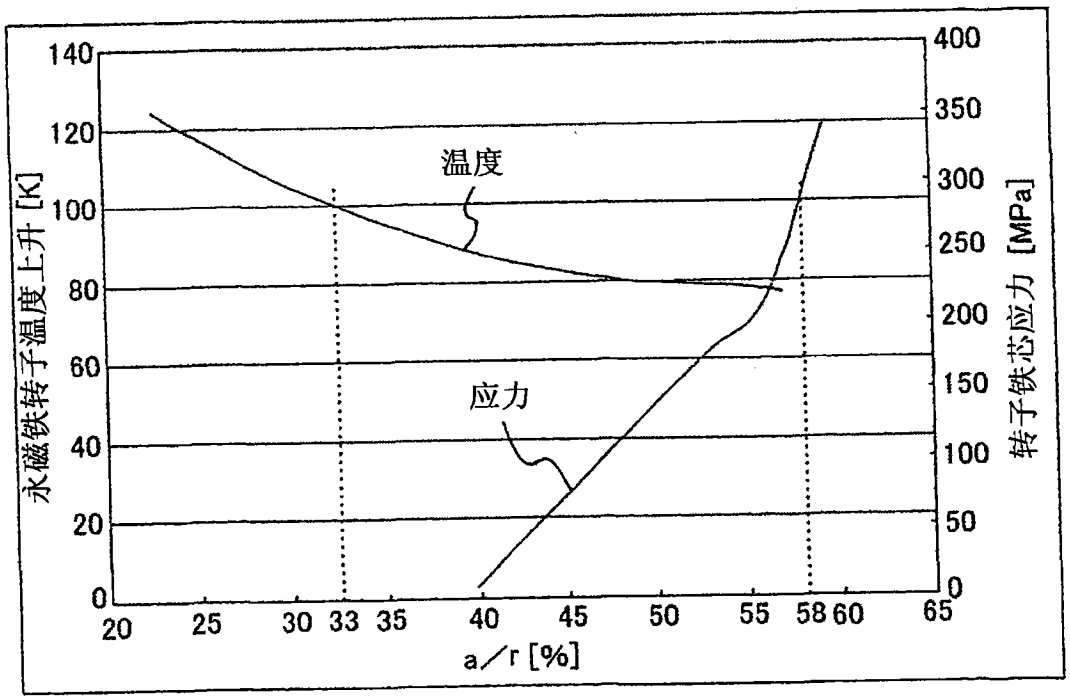

140
120
100
80
60
40
20
0
永磁铁转子温度上升 [K]
温度
应力
400
350
300
250
200
150
100
50
0
转子铁芯应力 [MPa]
20 25 30 33 35 40 45 50 55 58 60 65
a／r [%]

图 3

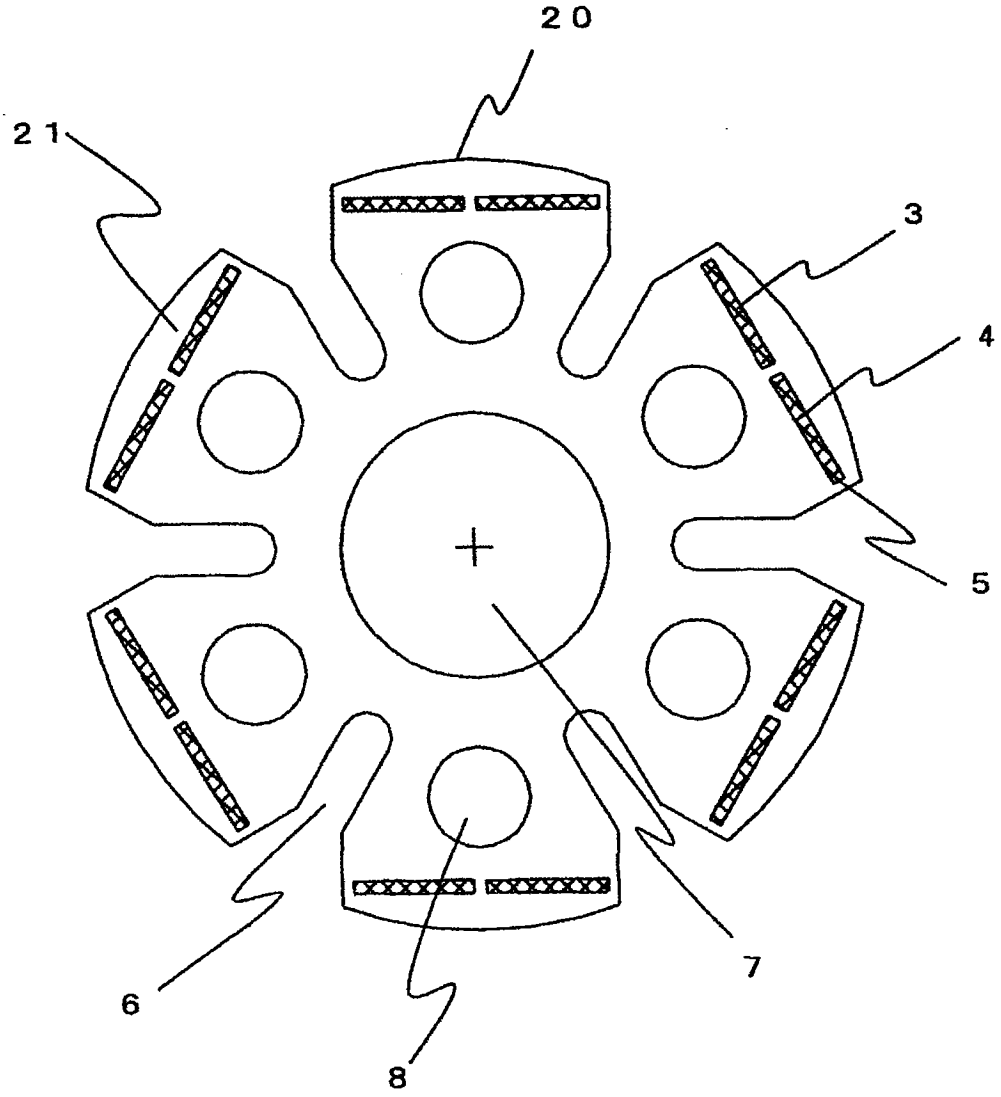


图 4

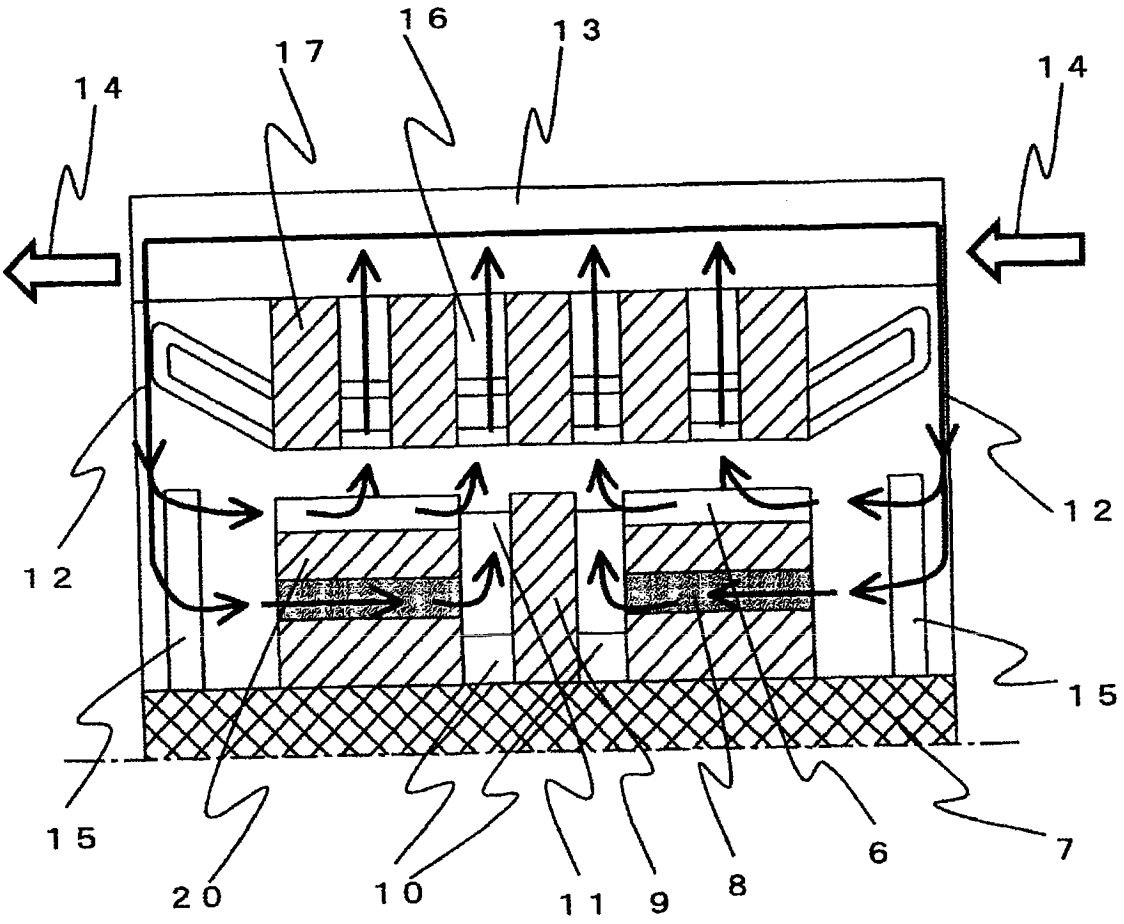


图 5

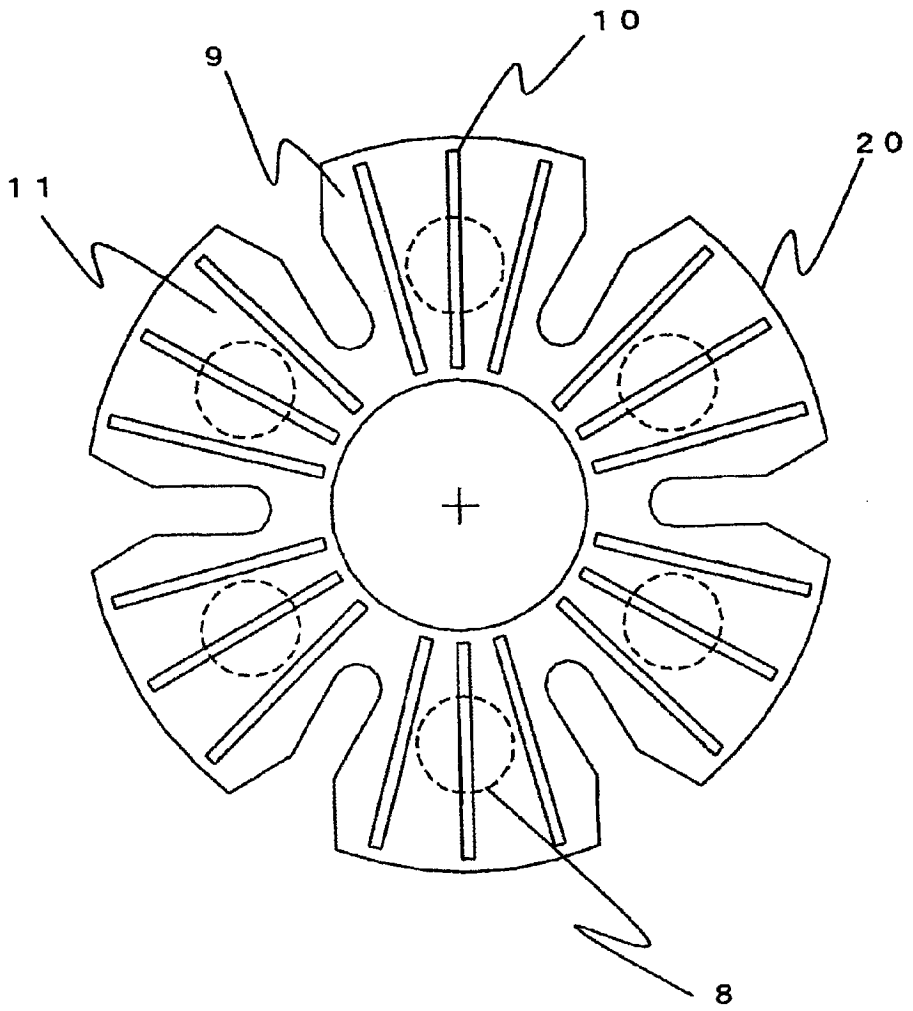


图 6

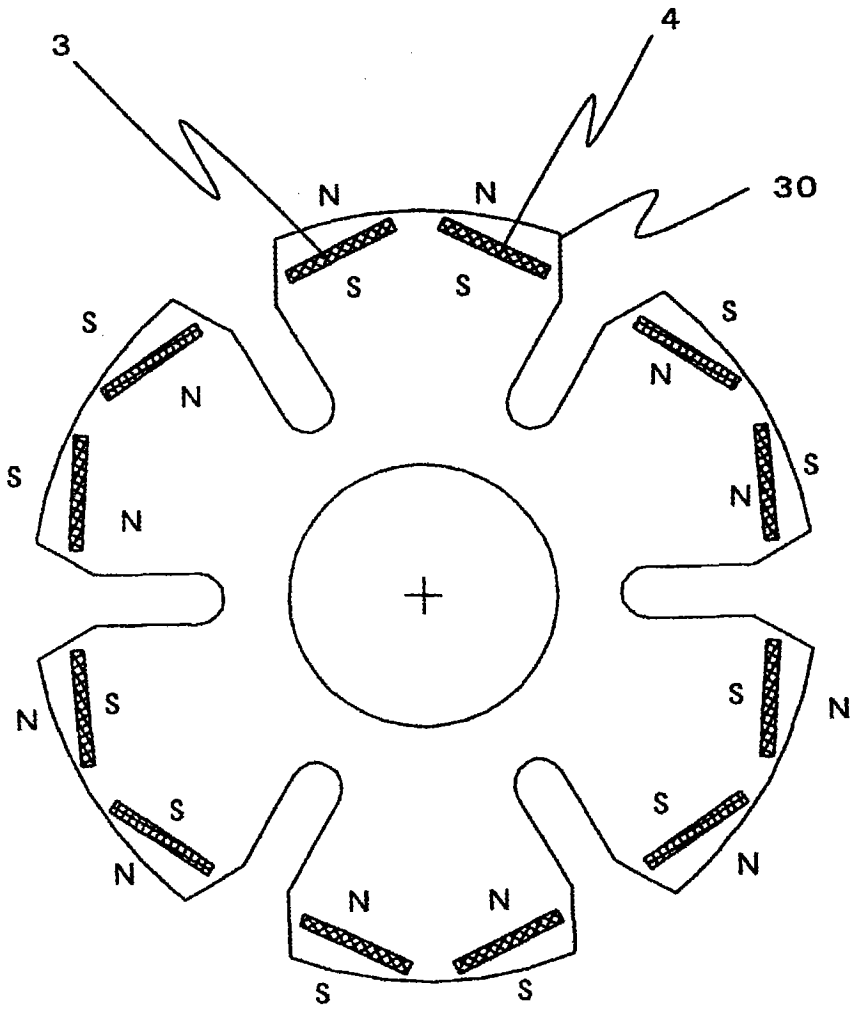


图 7

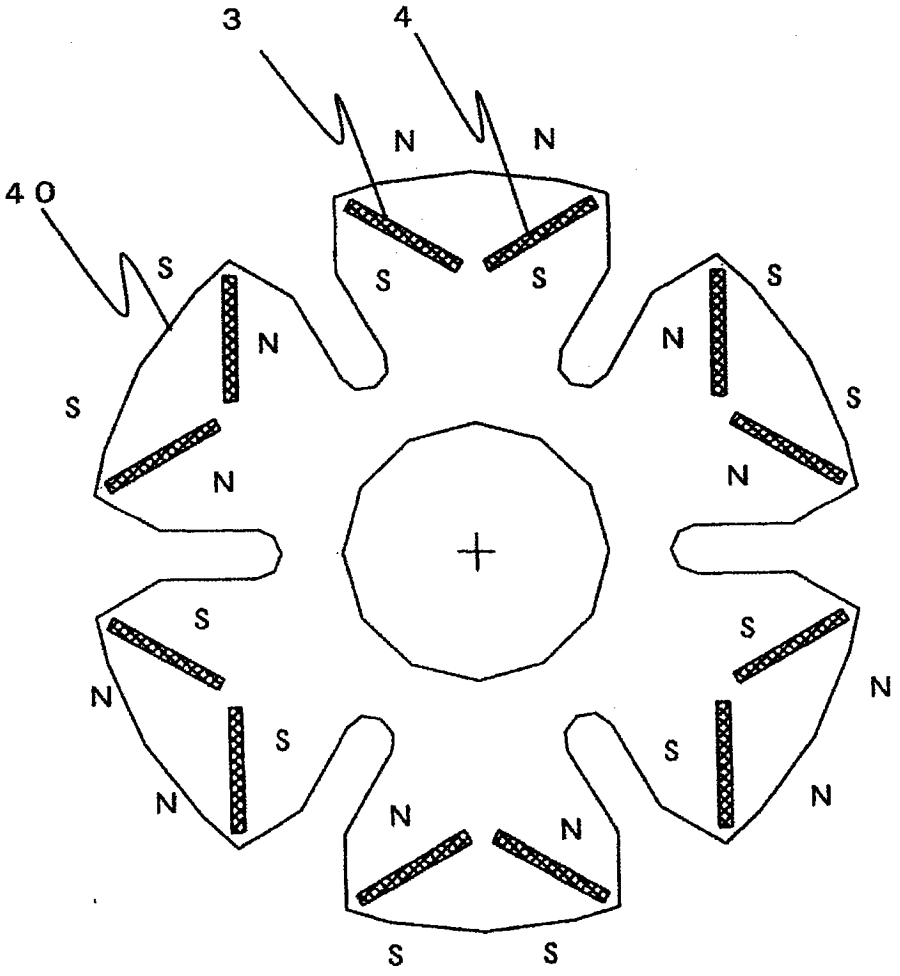


图 8

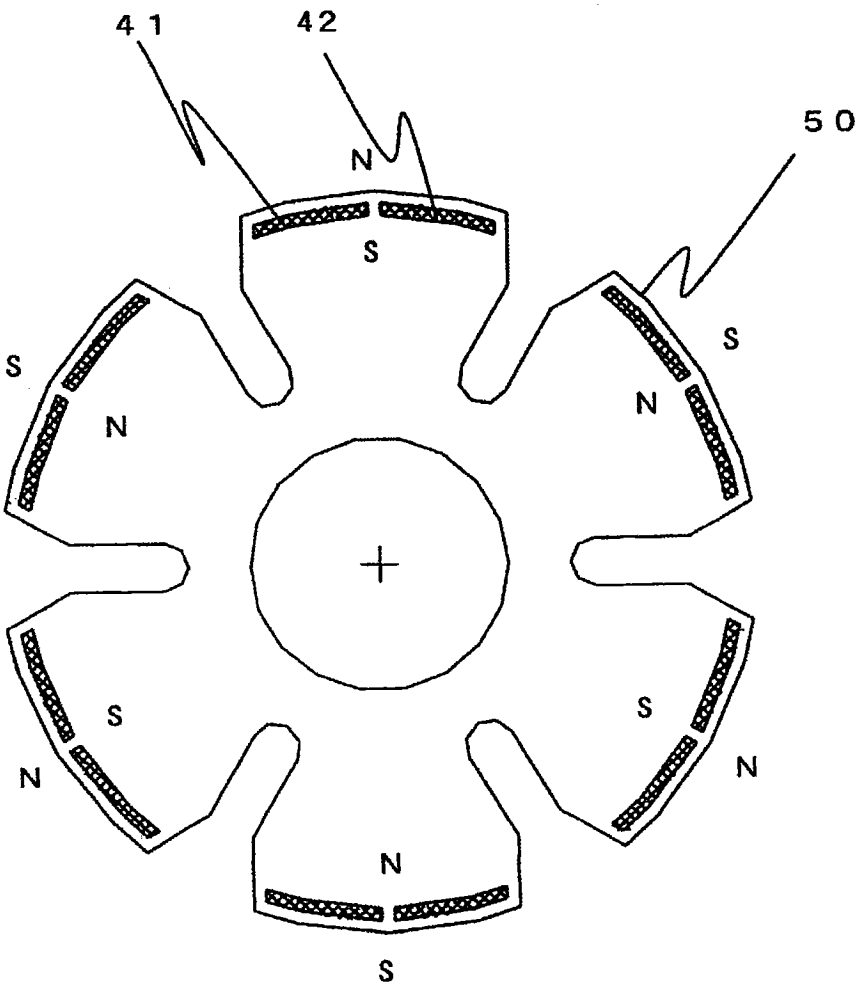


图 9

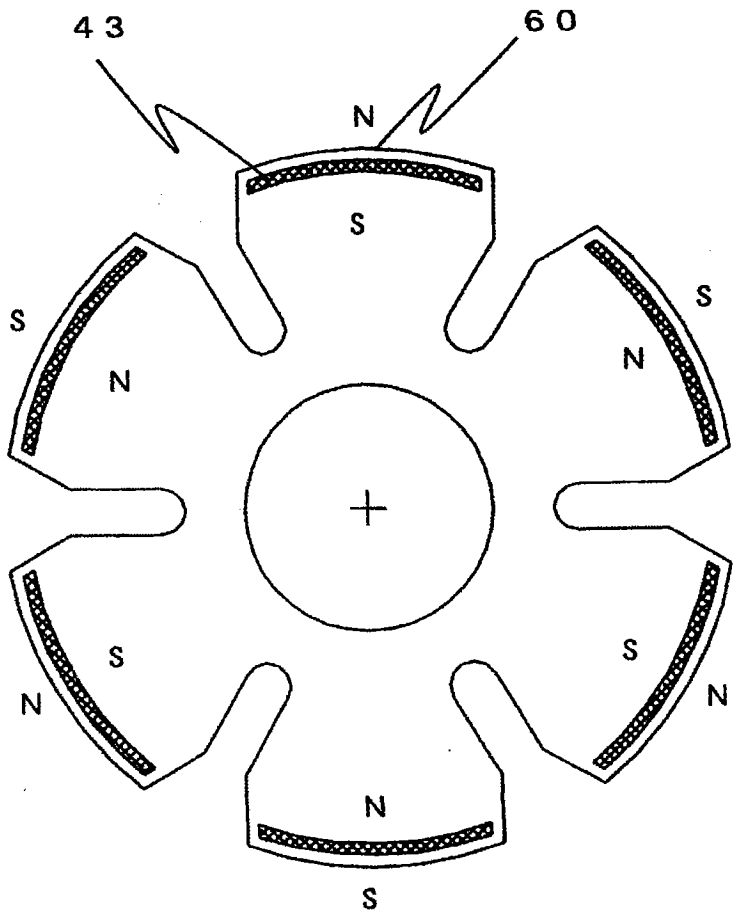


图 10

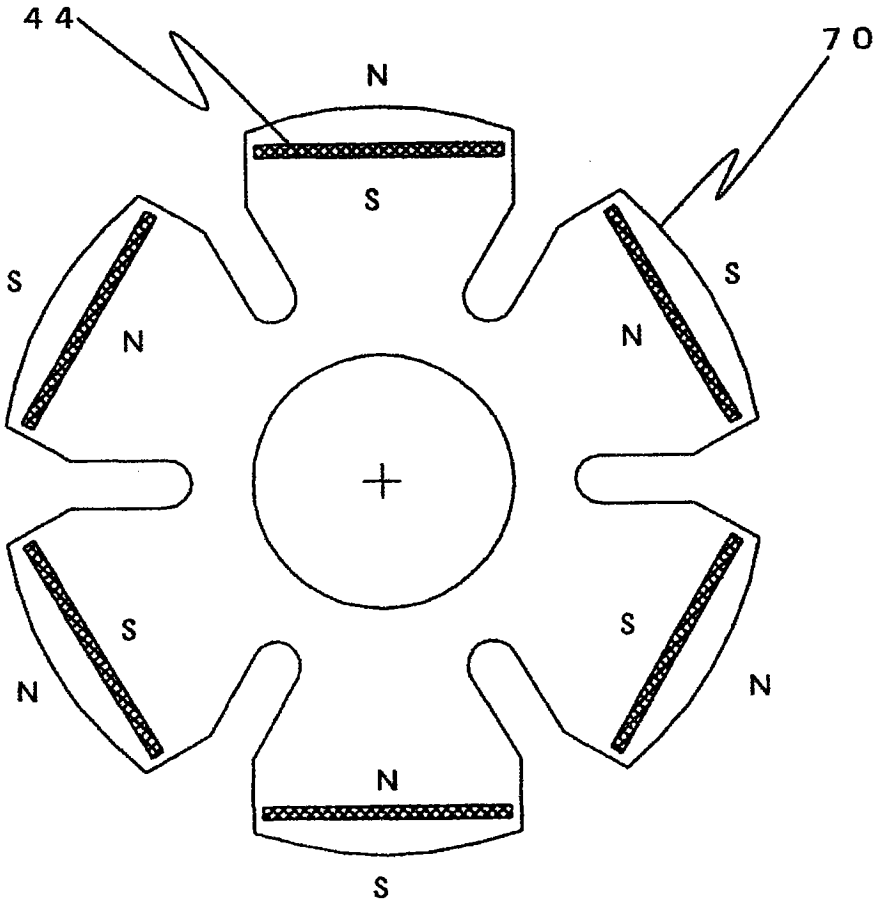


图 11

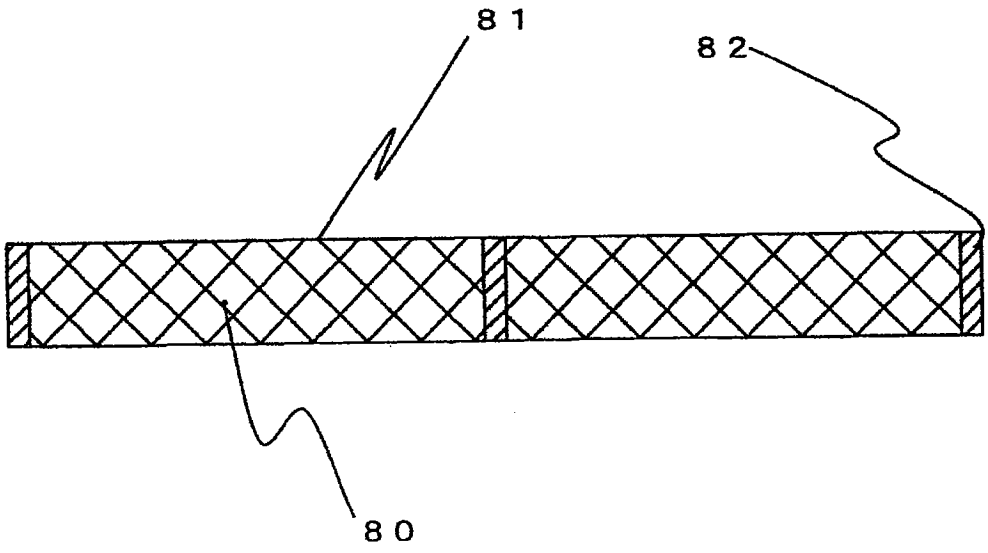


图 12

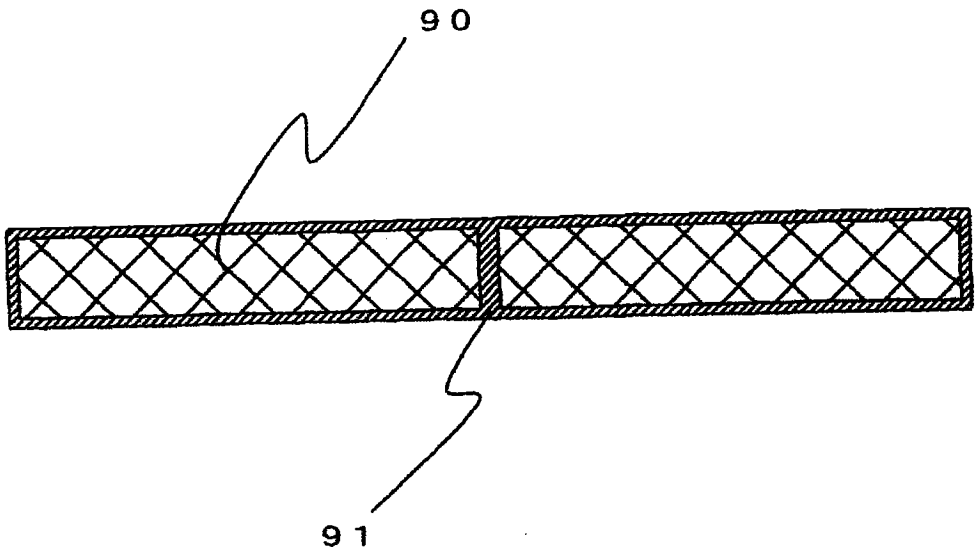
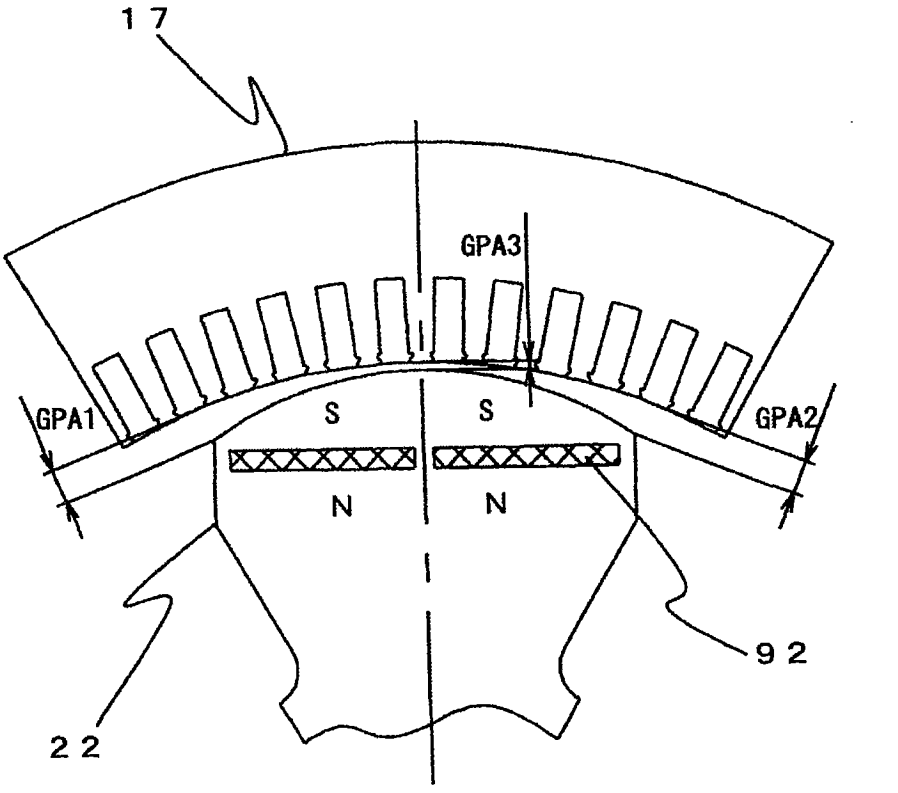


图 13



GAP1=GAP2
GAP1>GAP3

图 14

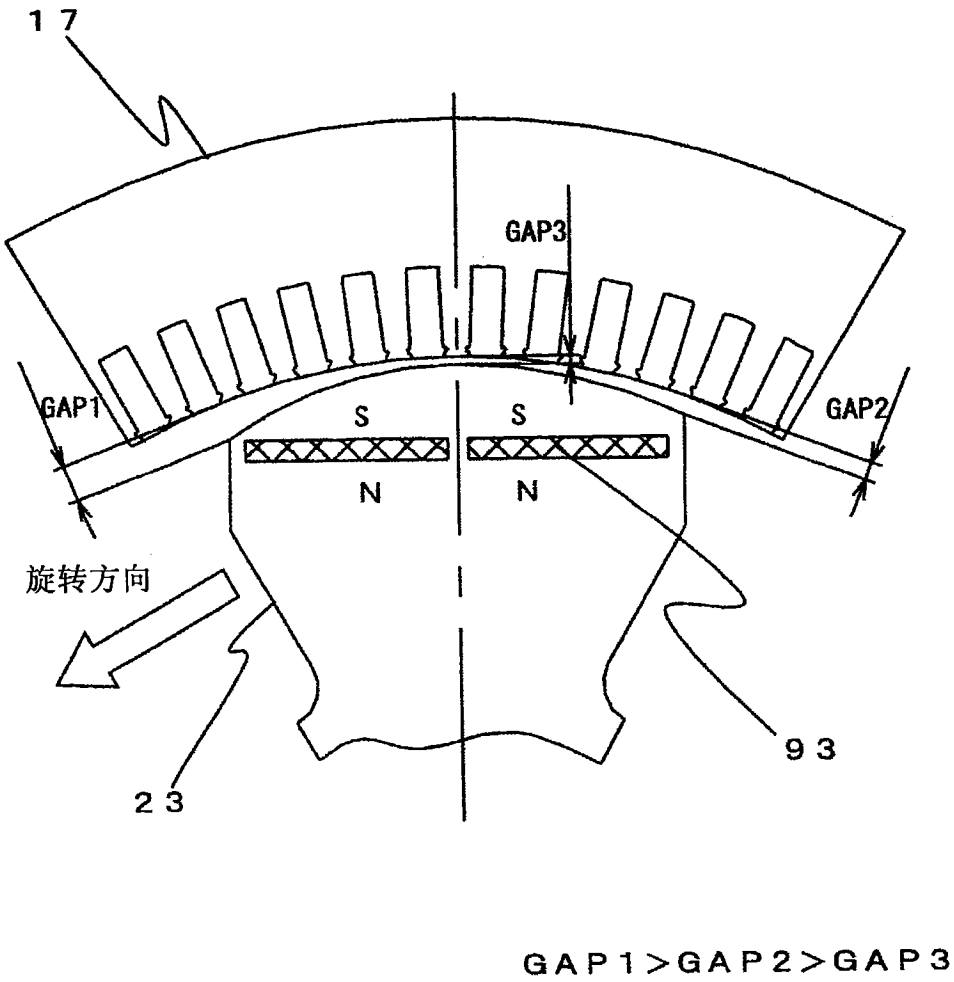


图 15

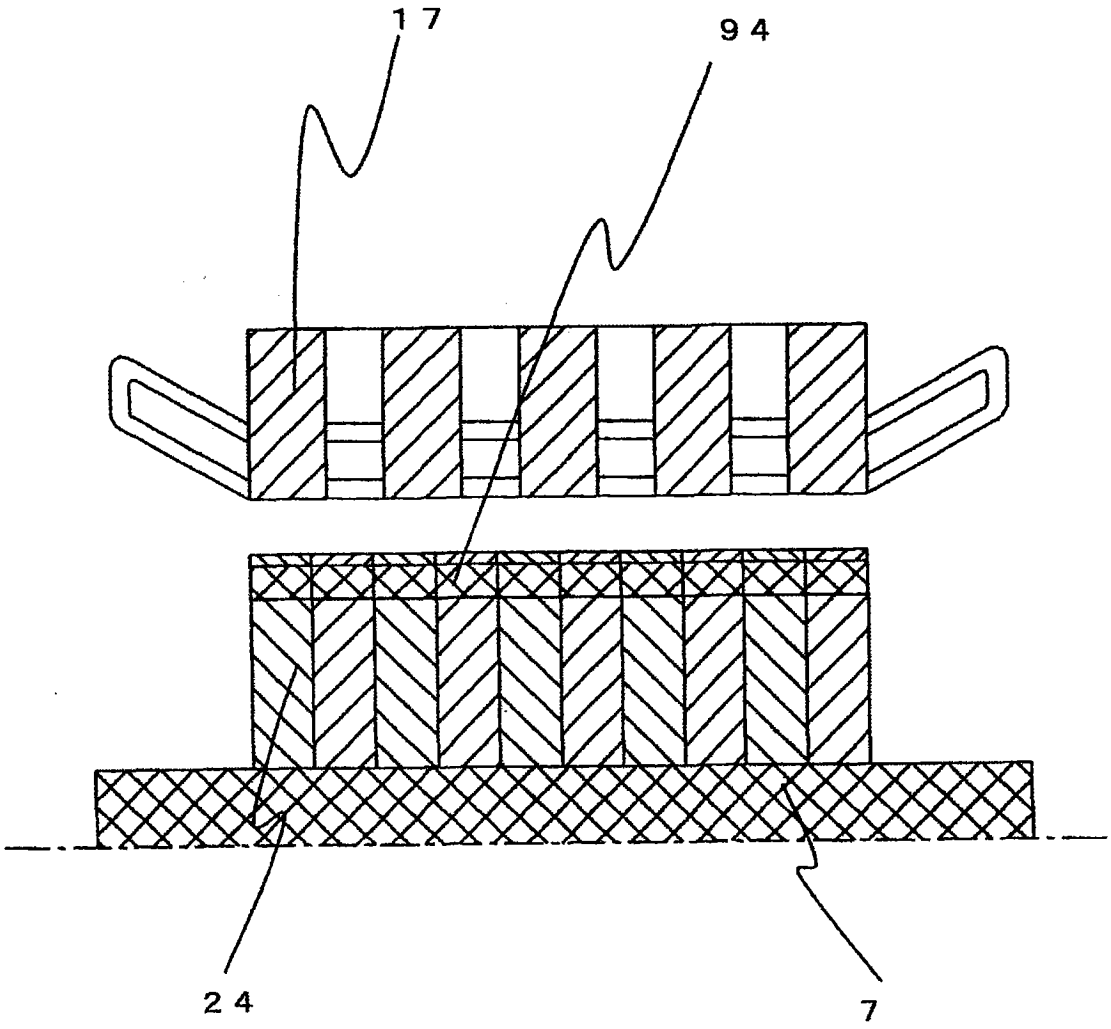


图 16

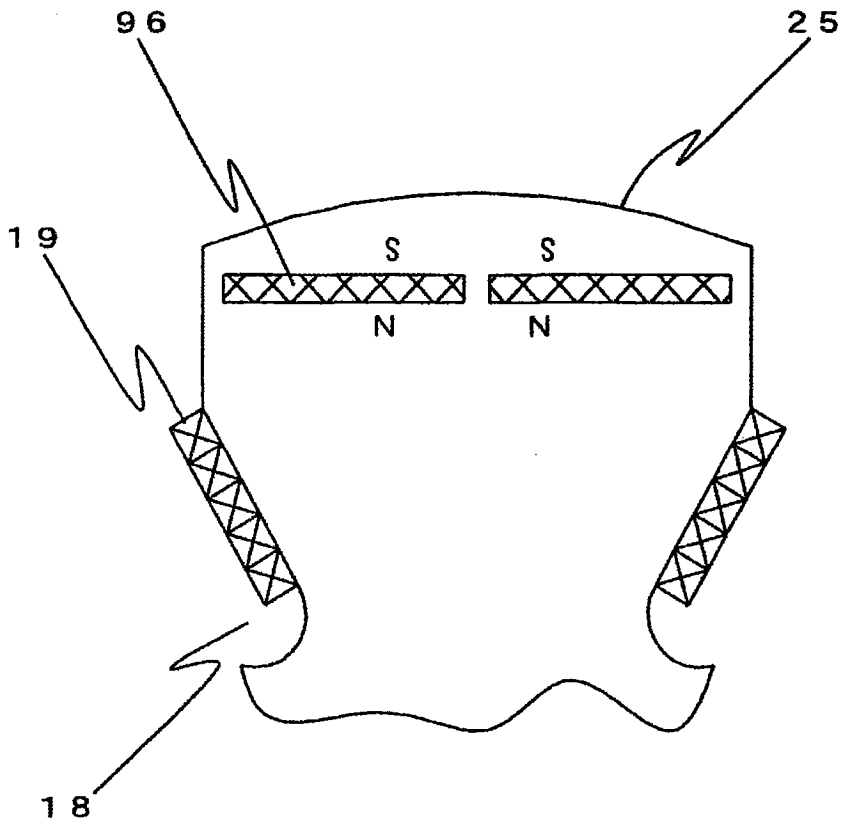


图 17

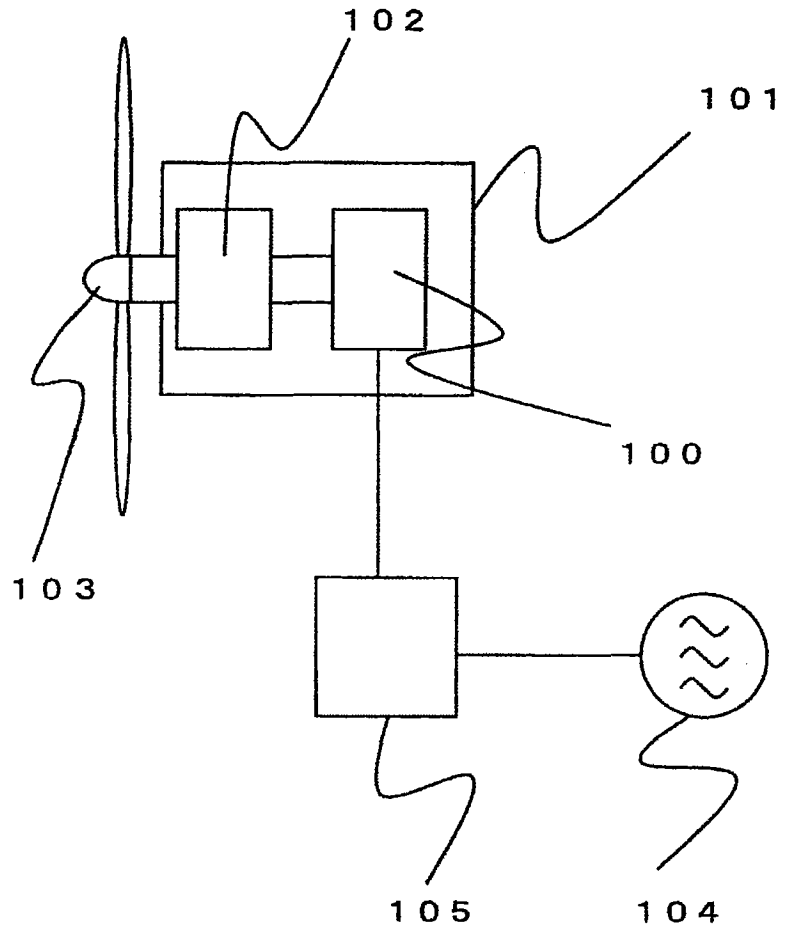


图 18