

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
H02K 1/18 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200580034324.6

[43] 公开日 2007年9月12日

[11] 公开号 CN 101036278A

[22] 申请日 2005.8.9

[21] 申请号 200580034324.6

[30] 优先权

[32] 2004.8.9 [33] US [31] 10/914,462

[86] 国际申请 PCT/US2005/028204 2005.8.9

[87] 国际公布 WO2006/020601 英 2006.2.23

[85] 进入国家阶段日期 2007.4.9

[71] 申请人 A. O. 史密斯公司

地址 美国威斯康星州

[72] 发明人 丹·M·约内尔

史蒂芬·J·德林格尔

艾伦·E·莱萨克

[74] 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限责任
公司

代理人 李 涛 钟 强

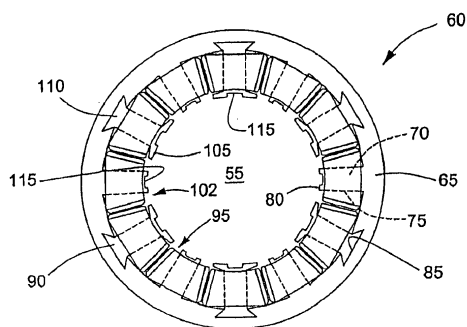
权利要求书 8 页 说明书 14 页 附图 12 页

[54] 发明名称

具有定子的电机

[57] 摘要

本发明提供一种电机定子，包括具有多个磁轭叠片的轭铁。主体部分形成为每个所述多个磁轭叠片的部分。第一极齿和主体部分连续形成，并且形成为所述多个磁轭叠片的至少部分的部分。第一极齿限定第一极齿轮廓。第一极齿连接部分形成为所述多个磁轭叠片的部分。第二极齿包括多个极齿叠片。第二极齿的每个极齿叠片包括第二极齿连接部分，并且限定第二极齿轮廓，该第二极齿轮廓不同于第一极齿轮廓。第二极齿连接部分与第一极齿连接部分啮合。



1. 一种电机定子，包括：
具有多个磁轭叠片的磁轭；
主体部分，其形成作为所述多个磁轭叠片的每个的部分；
第一极齿，其与主体部分连续，并且形成作为所述多个磁轭叠片的至少部分的部分，第一极齿包括第一极齿轮廓；
第一极齿连接部分，其形成作为所述多个磁轭叠片的部分；以及
第二极齿，其包括多个极齿叠片，第二极齿的每个极齿叠片包括第二极齿连接部分并且限定第二极齿轮廓，该第二极齿轮廓不同于第一极齿轮廓，第二极齿连接部分与第一极齿连接部分啮合。
2. 根据权利要求 1 所述的定子，其中所述多个磁轭叠片的每个包括连续的磁轭部分和第一极齿。
3. 根据权利要求 1 所述的定子，其中所述第一极齿连接部分包括凹鸠尾部分。
4. 根据权利要求 3 所述的定子，其中所述第二极齿连接部分包括可与所述凹鸠尾部分啮合的凸鸠尾部分。
5. 根据权利要求 1 所述的定子，其中所述第一极齿包括具有第一线圈接收宽度的线圈接收部分和具有第一自由宽度的自由端，其中所述第一自由端宽度基本上类似于所述第一线圈接收宽度。
6. 根据权利要求 5 所述的定子，其中所述第二极齿包括具有第二自由宽度的第二自由端和具有第二线圈接收宽度的第二线圈接收部分，其中所述第二自由端宽度大于所述第二线圈接收宽度。
7. 根据权利要求 1 所述的定子，其中所述第一极齿是多个整体极

齿之一，第二极齿是多个可连接极齿之一，整体极齿的数量基本上等于可连接极齿的数量。

8. 根据权利要求 7 所述的定子，其中所述多个整体极齿和多个可连接极齿之一的每个极齿包括定子线圈。

9. 根据权利要求 7 所述的定子，其中所述多个整体极齿和多个可连接极齿的每个极齿包括定子线圈。

10. 根据权利要求 7 所述的定子，其中所述多个整体极齿和多个可连接极齿的每个极齿包括至少一个虚设通道（dummy channel）。

11. 根据权利要求 10 所述的定子，其中该虚设通道和槽开口至少部分地限定基本均匀间隔开的多个高部位和低部位，从而限定基本连续的图案。

12. 根据权利要求 1 所述的定子，还包括内衬，该内衬的外壁接触所述第一极齿和第二极齿。

13. 根据权利要求 1 所述的定子，还包括连接到磁轭的端板。

14. 根据权利要求 1 所述的定子，其中所述第一极齿包括具有第一线圈接收宽度的第一线圈接收部分，所述第二极齿包括具有第二线圈接收宽度的第二线圈接收部分，所述第二线圈接收宽度基本上等于所述第一线圈接收宽度。

15. 根据权利要求 1 所述的定子，其中所述第一极齿包括具有第一线圈接收宽度的第一线圈接收部分，所述第二极齿包括具有第二线圈接收宽度的第二线圈接收部分，所述第二线圈接收宽度和所述第一线圈接收宽度的比值为大约 0.75 至 1.25 之间。

16. 根据权利要求 1 所述的定子，还包括内衬，该内衬包括外壁，该外壁包括接触第一极齿和第二极齿的交替的高部位和低部位。

17. 根据权利要求 1 所述的定子，其中所述第一极齿是多个整体极齿之一，而所述第二极齿是所述多个可连接极齿之一，其中所述多个整体极齿的每个和所述多个整体极齿的另一个直径方向地相对，以及所述多个可连接极齿的每个和所述多个可连接极齿的另一个直径方向地相对。

18. 根据权利要求 1 所述的定子，其中所述整体极齿和所述可连接极齿的至少部分包括线圈，其中包括线圈的每个极齿和包括线圈的另一个极齿直径方向地相对，这两个线圈至少部分地限定相位绕组。

19. 一种电机，包括：

限定旋转轴的定子，该定子包括：

连续磁轭部分，该连续磁轭部分包括第一极齿连接部分；

第一极齿，其整体形成作为该连续磁轭部分的部分，并且包括第一极齿轮廓；

第二极齿，其与该连续磁轭部分分开地形成，并且包括第二极齿轮廓，该第二极齿轮廓不同于第一极齿轮廓；

第二极齿连接部分，其整体形成作为第二极齿的一部分，并且构造成沿基本平行于旋转轴的接合轴移动进入与第一齿部连接部分的啮合中；以及

转子，其靠近第一极齿和第二极齿的至少一个设置。

20. 根据权利要求 19 所述的电机，其中定子磁轭包括多个叠片，每个叠层包括连续的磁轭部分和至少一个第一极齿部分。

21. 根据权利要求 19 所述的电机，其中所述第一极齿连接部分包括凹鸠尾部分。

22. 根据权利要求 21 所述的电机，其中所述第二极齿连接部分包括可与所述凹鸠尾部分啮合的凸鸠尾部分。

23. 根据权利要求 19 所述的电机，其中所述第一极齿包括具有第一线圈接收宽度的线圈接收部分和具有第一自由宽度的自由端，其中所述第一自由端宽度基本上类似于所述第一线圈接收宽度。

24. 根据权利要求 19 所述的电机，其中所述第二极齿包括具有第二自由宽度的自由端和具有第二线圈接收宽度的线圈接收部分，其中所述第二自由端宽度大于所述第二线圈容纳宽度。

25. 根据权利要求 19 所述的电机，其中所述第一极齿是多个整体极齿之一，第二极齿是多个可连接极齿之一，整体极齿的数量基本上等于可连接极齿的数量。

26. 根据权利要求 25 所述的电机，其中所述多个整体极齿和多个可连接极齿之一的每个极齿包括定子线圈。

27. 根据权利要求 25 所述的电机，其中所述多个整体极齿和多个可连接极齿的每个极齿包括定子线圈。

28. 根据权利要求 25 所述的电机，其中所述多个整体极齿和多个可连接极齿的每个极齿包括至少一个虚设通道。

29. 根据权利要求 28 所述的电机，其中该虚设通道和槽开口至少部分限定基本均匀间隔开的多个高部位和低部位，从而限定基本连续的图案。

30. 根据权利要求 19 所述的电机，还包括内衬，该内衬的外壁接

触第一极齿和第二极齿。

31. 根据权利要求 19 所述的定子，其中所述第一极齿包括具有第一线圈接收宽度的第一线圈接收部分，所述第二极齿包括具有第二线圈接收宽度的第二线圈容纳部分，所述第二线圈接收宽度基本上等于所述第一线圈接收宽度。

32. 根据权利要求 19 所述的定子，还包括内衬，该内衬包括外壁，该外壁包括接触第一极齿和第二极齿的交替的高部位和低部位。

33. 根据权利要求 19 所述的定子，其中所述第一极齿包括具有第一线圈接收宽度的第一线圈接收部分，所述第二极齿包括具有第二线圈接收宽度的第二线圈接收部分，所述第二线圈接收宽度和所述第一线圈接收宽度的比值为大约 0.75 至 1.25 之间。

34. 根据权利要求 19 所述的定子，其中所述第一极齿是多个整体极齿之一，而所述第二极齿是所述多个可连接极齿之一，其中所述多个整体极齿的每个和所述多个整体极齿的另一个直径方向地相对，以及所述多个可连接极齿的每个和所述多个可连接极齿的每个直径方向地相对。

35. 根据权利要求 19 所述的定子，其中所述整体极齿和所述可连接极齿的至少部分包括线圈，其中包括线圈的每个极齿和包括线圈的另一个极齿直径方向地相对，这两个线圈至少部分地限定相位绕组。

36. 一种装配定子的方法，该方法包括：

形成定子叠片和极齿叠片，所述定子叠片包括连续磁轭和多个整体形成的极齿，所述极齿叠片由设置在相邻整体形成的极齿之间的材料冲压而成；

堆叠多个定子叠片以组成连续磁轭；

堆叠多个极齿叠片以限定至少一个可连接极齿；以及
将该可连接极齿连接到所述连续磁轭。

37. 根据权利要求 36 所述的装配定子的方法，其中所述形成步骤包括在定子叠片中形成第一极齿连接部分。

38. 根据权利要求 37 所述的装配定子的方法，其中所述形成步骤包括在极齿叠片中形成第二极齿连接部分。

39. 根据权利要求 38 所述的装配定子的方法，其中所述连接步骤包括沿基本平行于旋转轴的轴移动可连接极齿，从而啮合第一极齿连接部分和第二极齿连接部分。

40. 根据权利要求 36 所述的装配定子的方法，其中所述连接步骤包括将设置在连续磁轭和可连接极齿之一上的凸鸠尾部分与设置在连续磁轭和可连接极齿的另一个上的凹鸠尾部分啮合。

41. 根据权利要求 36 所述的装配定子的方法，其中所述形成步骤还包括形成第一极齿，该第一极齿包括具有第一线圈接收宽度的线圈接收部分和具有第一自由宽度的自由端，其中所述第一自由端宽度基本上类似于所述第一线圈接收宽度。

42. 根据权利要求 36 所述的装配定子的方法，其中所述形成步骤还包括形成第二极齿，该第二极齿包括具有第二自由宽度的自由端和具有第二线圈接收宽度的线圈接收部分，其中所述第二自由端宽度大于所述第二线圈接收宽度。

43. 根据权利要求 36 所述的装配定子的方法，其中所述形成步骤还包括形成多个整体极齿和堆叠多个极齿叠片，还包括堆叠多个极齿叠片以形成每个可连接极齿，第一极齿是多个整体极齿之一，第二极

齿是多个可连接极齿之一，整体极齿的数量基本上等于可连接极齿的数量。

44. 根据权利要求 43 所述的装配定子的方法，还包括在多个整体极齿和多个可连接极齿之一的每个极齿上设置定子线圈。

45. 根据权利要求 43 所述的装配定子的方法，还包括在多个整体极齿和多个可连接极齿的每个极齿上设置定子线圈。

46. 根据权利要求 45 所述的装配定子的方法，其中设置定子线圈的步骤包括将线圈滑到到整体极齿上。

47. 根据权利要求 43 所述的装配定子的方法，还包括在多个整体极齿和多个可连接极齿的每个极齿中形成虚设通道。

48. 根据权利要求 47 所述的装配定子的方法，还包括均匀地将虚设通道和槽开口间隔开，以限定多个高部位和低部位的至少部分，其中高部位和低部位限定基本连续的图案。

49. 根据权利要求 36 所述的装配定子的方法，还包括设置基本圆柱形的内衬，使之与第一极齿和第二极齿接触。

50. 根据权利要求 36 所述的装配定子的方法，其中所述定子叠片限定轮廓，其中堆叠多个定子叠片的步骤还包括附加具有不同于定子叠片轮廓的至少一个叠片。

51. 根据权利要求 36 所述的装配定子的方法，其中整体形成的极齿限定第一极齿轮廓，以及至少一个可连接极齿限定不同于第一极齿的轮廓的第二极齿轮廓。

52. 根据权利要求 36 所述的装配定子的方法，其中所述形成步骤包括执行冲压操作，该冲压操作同时形成定子叠片和极齿叠片。

53. 根据权利要求 36 所述的装配定子的方法，还包括在执行连接步骤之前将线圈设置在整体极齿和可连接极齿上。

54. 根据权利要求 36 所述的装配定子的方法，其中所述连接步骤包括相对于连续磁轭改变可连接极齿的温度，以便建立温度差。

55. 根据权利要求 36 所述的装配定子的方法，还包括将多个所述整体极齿的每一个与所述多个整体极齿的另一个直径方向相对地设置，以及将所述多个可连接极齿的每一个与所述多个可连接极齿直径方向相对地设置。

56. 根据权利要求 36 所述的装配定子的方法，还包括将线圈连接到整体极齿和可连接极齿的至少部分，以使得包括线圈的每个极齿和包括线圈的另一个极齿在直径方向相对，这两个线圈至少部分限定相位绕组。

具有定子的电机

背景技术

本发明涉及一种用于电机的定子以及一种制造和装配定子的方法。

发明内容

在一个实施例中，本发明提供一种电机定子，包括具有多个磁轭叠片的磁轭。主体部分形成为每个所述多个磁轭叠片的一部分。第一极齿和主体部分连续形成，并且形成作为至少一部分所述多个磁轭叠片的一部分。第一极齿限定第一极齿轮廓。第一极齿连接部分形成为所述多个磁轭叠片的部分。第二极齿包括多个极齿叠片。第二极齿的每个极齿叠片包括第二极齿连接部分，并且限定第二极齿轮廓，该第二极齿轮廓不同于第一极齿轮廓。第二极齿连接部分与第一极齿连接部分啮合。

在另一个实施例中，本发明提供一种电机，该电机包括限定旋转轴的定子。该定子包括连续磁轭部分，该连续磁轭部分包括第一极齿连接部分。第一极齿整体形成为该连续磁轭部分的一部分，并且包括第一极齿轮廓。第二极齿与该连续磁轭部分分开地形成，并且包括第二极齿轮廓，该第二极齿轮廓不同于第一极齿轮廓。第二极齿连接部分整体形成为第二极齿的一部分，并且构造成沿基本平行于旋转轴的啮合轴移动进入与第一连接部分的啮合。转子靠近第一极齿和第二极齿的至少一个来设置。

本发明还提供一种装配定子的方法。该方法包括由磁性材料（例如，电炉钢）平片冲压形成多个定子叠片和多个极齿叠片。每个定子叠片包括连续磁轭和多个整体形成的极齿。每个极齿叠片由设置在相

邻整体形成的极齿之间的材料冲压而成。该方法还包括堆叠多个定子叠片以限定定子铁芯，以及堆叠多个极齿叠片以限定至少一个可连接极齿。该方法还包括将该可连接极齿连接到该连续磁轭。

通过参考以下的详细描述和附图，本发明的其他方面和实施例将变得清楚明显。

附图说明

该详细描述具体地参照了附图，其中：

图 1 是包括定子的电机的轴向示意图；

图 2 是包括单层绕组的定子的透视图；

图 3 是包括双层绕组的定子的透视图；

图 4 是具有可连接极齿的定子铁芯的部分的透视图；

图 5 是包括线圈的可连接极齿的端部图；

图 6 是图 2 的定子的端部图；

图 7 是图 3 的定子的端部图；

图 8 是图 7 所示的这种定子的部分的截面图；

图 9 是用于定子叠片和极齿叠片的冲压布置的端部图；

图 10 是包括内衬的图 3 的定子的端部图；

图 11 是包括碟形内衬或套罐的图 3 的定子的端部图；

图 12 是包括线圈固定夹的定子的部分的截面图；

图 13 是包括直齿和小宽度根部的定子的部分的截面图；

图 14 是包括极齿基座和小宽度根部的定子的部分的截面图；

图 15 是包括直齿和鸠尾根部的定子的部分的截面图；

图 16 是包括极齿基座和鸠尾根部的定子的部分的截面图；

图 17 是包括线圈接收凹槽的可连接极齿的透视图；

图 18 是包括图 17 的可连接极齿的定子的截面图；

图 19 是具有 12 个槽和单层绕组的 3 相定子的一种可能绕线图的示意性表示；

图 20 是具有 12 个槽和双层绕组的 3 相定子的一种可能绕线图的

示意性表示；以及

图 21 是具有 18 个槽和双层绕组的 3 相定子的一种可能绕线图的示意性表示图。

具体实施方式

在详细描述本发明的所有实施例之前，应当要知道，在本申请中本发明不限于下面的描述提出的或者下面的附图中示出的部件结构和设置的细节。本发明能够应用到其他实施例，并且可以通过多个方式来实现或执行。以及，应当要知道，这里使用的措辞和术语仅用于阐述目的，而不应当理解为限制性目的。这里使用的“包括”、“包含”或者“具有”及其变型是指包含其后所列举的部件及等价物以及其他部件。除非另外指定或限定，否则术语“安装”、“连接”、“支承”和“耦合”及其变型都被广泛地使用，包括直接和间接的安装、连接、支承和耦合。而且，“连接”和“耦合”不限于物理或机械连接或耦合。

如图 1 所示，电机 10 大致包括设置在定子 20 内的转子 15。转子 15 安装在轴 30 上，该轴轴向延伸以提供支承点，以及提供方便的轴功率分接（take off）点。通常，两个以上轴承 35 接合到转子轴 30 并且支承转子 15，以使得它绕旋转轴 40 来旋转。定子 20 通常装配到壳体 45 中。定子 20 限定基本圆柱形的孔或钻孔 55，如电机领域中通常指出的，该孔或钻孔位于旋转轴 40 的中心部分。当转子 15 相对于定子 20 位于操作位置时，则在转子和定子之间建立小气隙。该气隙使得转子 15 可以在定子 20 内部相对自由地旋转。

框架 45 如果其被采用则支承定子 20。图 11 较好示出的一个框架 45 包括靠近角部的多个闲置空间 46。闲置空间 46 为冷却空气或另一种冷却流体提供冷却通道。在优选结构中，框架 45 包括模注或以另外方式成形的塑料材料。在其他结构中，采用延压铝框架。在其他结构中，可以采用其他材料和其他制造方法来制造框架 45。

图 1 中所示的电机 10 是无刷永磁 (PM) 电机。因而, 转子 15 包括铁磁铁芯和永磁体, 它们限定两个或以上磁极。定子 20 包括一个或以上相绕组 (如图 2-3 所示), 它们能够被选择性地激励以产生磁场。转子 15 的永磁体和定子 20 的磁场相互作用, 从而产生电磁力矩和转子旋转。本领域技术人员将会认识到, 本发明还适用于除了这里所示地无刷永磁电机之外的其他类型的电机。因而, 本发明不限于仅仅这些类型的电机。此外, 本领域技术人员将会认识到, 本发明还可以应用到许多类型的发电机。附图示出电机 10 的结构具有位于定子 20 内部的转子 15。然而, 本发明还可以应用于电机结构, 通常称为“内外颠倒电机”, 其中转子位于定子外部。此外, 这里示出的附图和描述主要针对定子 20 和/或电机 10。然而, 所述和所示的许多特征还可以用于绕线转子。因此, 虽然附图和描述涉及无刷电机 10 和/或定子 20, 但是还可以进行其他应用。

图 2 和 3 分别示出两种可能的定子 20、60, 它们适用于和图 1 的电机 10 一起使用。定子 20、60 包括连续磁轭 65 或背铁, 其限定定子 20、60 的最外层表面。磁轭 65 为许多定子铁芯部件提供结构支承, 还为定子 20、60 内的磁通提供流通路径。多个整体式极齿 70 从磁轭 65 径向向内延伸。极齿 70 包括线圈接收部分 75 和极齿基座 80, 其靠近圆柱形孔 55 设置。图 2 和 3 所示的整体式极齿 70 大致是直齿。换言之, 线圈接收部分 75 处的每个极齿 70 的宽度基本上等于极齿基座 80 处的极齿 70 的宽度。

磁轭 65 限定多个极齿连接部分 85。每个极齿连接部分 85 的尺寸和形状适于接收可连接极齿 90 (图 5 所示)。在大多数结构中, 极齿连接部分 85 的数量等于整体极齿 70 的数量。在这些结构中, 极齿 70、90 在整体极齿 70 和可连接极齿 90 之间交替设置。因此, 紧靠任意整体极齿 70 的两个极齿是可连接极齿 90, 而紧靠任意可连接极齿 90 的两个极齿是整体极齿 70。

在其他结构中，极齿图案可以变化，以使得整体极齿不一定要定位在可连接极齿之间。此外，绕线图的其他组合和/或相位数和极数也可以变化。例如，图 21 示出用于三相无刷 PM 电机的定子 60a，其中具有 18 个槽 95 和十六个磁极的转子（未示出）。这种电机在美国专利 No.6,133,663 中公开，该美国专利整个在此通过参考被全部包括在这里。定子 60a 包括绕在每个极齿 70、90 周围的一个线圈 100。三个连续极齿上的线圈 100 连接在相同相位绕组内，从而限定线圈相位组 99。两个这种线圈相位组 99 径向相对并且限定相位绕组。相位绕组的起始端（出发）和末端（回归）分别由标注“go”和“ret”来表示，由导线绕制方向决定的线圈侧极性由正（+）和负（-）记号来表示。在一种结构中，在三个线圈 99 和极齿的相位组内，中心极齿是整体极齿 70，两个相邻极齿是可连接极齿 90。因此，这种结构限定的是一种重复图案，即，绕三相定子 60a 的周边两个可连接极齿 90 接着一个整体极齿 70 这样的图案。因此，制成的定子 60a 包括的可连接极齿 90 的数量是整体极齿 70 的两倍。在另一种结构中，三个线圈 99 和极齿的相位组内的中心极齿是可连接极齿 90，而两个相邻极齿是整体极齿 70。因此，这种结构也限定出一种重复图案，即，绕三相定子 60a 的周边两个整体极齿 70 接着一个可连接极齿 90 这样的图案。因此，制成的定子 60a 包括的整体极齿 70 的数量是可连接极齿 90 的两倍。所述结构最小化径向力的作用，并且在使用当中不需要例如轴向振动阻尼器的附加装置。

任意两个相邻极齿 70、90 之间的空间限定槽 95，该槽的尺寸适于接收一个以上线圈 100 的侧部。单独的或者和其他线圈 100 结合的线圈 100 限定相位绕组，该相位绕组经激励后能够产生具有期望极性的磁场。图 2 的定子 20 包括单层绕组 101。因此，线圈 100 的仅一侧定位在每个槽 95 内。图 3 的定子 60 包括双层绕组 102，其每槽 95 包括线圈 100 的两侧。

图 2 和图 3 的线圈 100 包括绕制在线圈 100 连接到其的极齿 70、90 周围的电导体。对于连接到可连接极齿 90 的线圈 100，该导体直接绕制在极齿 90 上。图中未示出的电绝缘体设置在线圈 100 的电导体和它所连接到的极齿 70、90 之间。通常，能够利用电机领域中的普通绕线器在可连接极齿 90 上快速而低成本地执行绕线操作。绕制在整体极齿 70 上的线圈 100 能够利用针状绕线器或者适于作业的其他绕线器而直接绕制在极齿 70 上。可选择地，可以利用更廉价的绕线器将导体绕制在模拟极齿或支架（未示出）周围。然后将线圈 100 从模拟极齿或支架上去除然后滑入整体极齿 70 上。

一个以上线圈 100 被电气连接以限定相位绕组，如图 21 所述。图 19 和 20 示出描述用于具有 12 个槽的三相定子的每个相中的线圈连接的绕线图。具有如图 19 所示的单层绕组的定子 20a 能够结合八极永磁转子来使用，以限定无刷永磁（PM）电机，它可以是直流型或交流型电机。具有如图 20 所示的双层绕组的定子 60b 能够结合八极永磁转子或者十六极永磁转子来使用，以便限定无刷 PM 电机，它可以是直流型或交流型电机。

在对称多相定子结构中，设置在极齿 70、90 周围的线圈连接在每个相位内，以使得相位绕组的轴等距设置在定子圆周周围。为了最小化不期望出现的径向磁力和磁引力，将定子设置成使得直径方向相反的极齿 70、90 具有相同的轮廓，以及不载有线圈或者仅载有属于同一相位绕组的线圈 100。线圈 100 设计并连接成，使得当电流流过导线时，在各个极齿 70、90 中建立的电枢反应磁场和直径方向相反的极齿 70、90 中建立的电枢作用磁场振幅相同而方向相反。对于相位绕组的线圈 100 包围的极齿 70、90 而言，电枢反应磁场由图 19—20 中的箭头 102 来示意性地表示。图 19—20 中所示的定子 20a、60b 包括整体极齿 70 和可连接极齿 90 的交替图案，并且整体极齿 70 和可连接极齿 90 的数量相等。

整体极齿 70 通常是直齿。因此，每个极齿 70 限定基本上是方形的极齿轮廓，以便线圈 100 可以滑动到整体极齿 70 上。图 5 更佳示出的可连接极齿 90 包括放大极齿基座 105 和极齿顶 110 或极齿根。该放大极齿基座 105 使得可连接极齿轮廓不同于整体极齿轮廓。该放大极齿基座 105 有助于将线圈 100 保持在极齿 90 上的期望位置，还有助于散布磁场以减小电机齿槽效应和力矩波动。该放大极齿基座 105 还减小定子 20 和转子 15 之间的间隙的等量磁性长度，因此增大电机比力矩输出。在优选结构中，整体极齿 70 和可连接极齿 90 的线圈接收部分 75 具有基本相同的宽度。因此，如果需要，具有相同圈数和导线尺寸的不同线圈 100 能够绕制在每个极齿上。当然，如果需要，也可以采用不同宽度的线圈接收部分。例如，在绕线部分下方的整体极齿 70 和可连接极齿 90 的宽度可以变化，以使得它们将极齿宽度的比率限定在大约 0.75 至 1.25 之间。

图 4 和 5 示出极齿连接部分 85 和极齿顶 110 的一种可选结构。在这种结构中，极齿连接部分 85 包括凹槽，该凹槽形状类似于鸠尾槽。该极齿顶 110 的形状类似于凸鸠尾根，它能够匹配由连接部分 85 所限定的凹鸠尾槽。为了实现所需的匹配度，通常需要在鸠尾槽和鸠尾之间提供干涉配合或收缩配合。该紧密配合确保部件之间的良好接触，以及最小化在磁场通过可连接极齿 90 和磁轭 65 之间的界面时的磁动势 (mmf) 降。

虽然示出的是鸠尾配合，但是本领域技术人员将会认识到，还可以采用许多其他配合和结构将可连接极齿 90 连接到磁轭 65。例如，刚才所述的鸠尾配合可以颠倒，以使得配合的凸部形成为磁轭 65 的一部分，而凹部形成为可连接极齿 90 的一部分。在其他结构中，可以采用不同的配合形状。其中一种形状是参照图 13—14 所示的形状。还可以采用其他形状，包括但是不局限于 T 根、杉形根、L 形根等等。当然，所有这些根的凸部可以根据需要定位在磁轭 65 上或者可连接极齿 90 上。

如图 6 和 7 所示，整体极齿 70 和可连接极齿 90 的每个均包括至少一个位于靠近定子孔 55 的表面中的模拟槽 115。该模拟槽 115 将极齿 70、90 划分为交替的高地 120 和低部位 125（如图 8 和 9 所示）。利用单个模拟槽 115，每个极齿 70、90 被划分为两个高部位 120 和一个低部位 125。因此，在定子孔 55 的周界周围建立堞形图案，并且改变了气隙的磁性，以便有效减小齿槽效应、力矩波动以及电磁噪声。

图 8 示出另一种结构，在这种结构中，每个整体极齿 70 包括单个模拟槽 115，每个可连接极齿 90 包括三个模拟槽 115。因此，整体极齿 70 限定两个高部位 120 和一个低部位 125，而可连接极齿 90 限定四个高部位 120 和三个低部位 125。位于相邻极齿 70、90 之间的每个槽开口 130 有效用作低点 125。因此，具有基本相同周长的交替高部位 120 和低部位 125 的一致性图案在定子孔 55 的周界周围延伸。和图 6 和 7 的结构相比，该结构使得可以进行相对平滑的转子操作，还减小齿槽效应和力矩波动。高部位 120 和低部位 125 的总数可以参照电机极性、槽和绕组数量以及转子到定子的轴向磁性偏度来进行选择。高部位 120 和低部位 125 绕定子孔 55 的不均匀空间分布也是可能的，从而，在极齿顶 110 的局部非线性磁性饱和的条件下，磁场会分散以便改进电机性能。

可连接极齿 90 的宽极齿基座 105 减小槽开口 130 的宽度，并且将磁场向电机气隙散布。同样，通过减小电磁噪声、齿槽效应、力矩波动以及增大电机比输出力矩，这也能够改进电机操作。以及，可连接极齿 90 的使用便于利用非常高的铜填充因数来进行缠绕，从而减小双层绕组 102 的两个相邻线圈 100 之间的槽 95 中的空间（图 8），或者在单层绕组 101 的情况下（图 6），减小线圈 100 和整体极齿 70 之间的空间（图 15—16）。高填充因数会减小绕组电阻和铜损，因此会增大电机效率。

在大多数结构中，堆叠多个叠片 135 形成磁轭 65，包括整体极齿 70 和极齿连接部分 85。叠片 135 通常由铁心等级硅钢冲压形成。类似的，堆叠多个极齿叠片 140 通常形成可连接极齿 90。图 9 示出用于冲压包括磁轭叠片 135 和可连接极齿叠片 140 的一种可能结构布局。可连接极齿叠层 140 位于相邻整体极齿 70 之间的空间内，并且不会延伸超过定子内径。冲压的中心部分也用于可能需要的任意转子铁芯叠片。因此，图 9 的结构减小了废材料的量，减少了形成叠片 135、140 所需的制造步骤的数量。本领域技术人员将会认识到，图 9 示出仅一个可连接极齿叠片 140。然而，应当理解的是，可连接极齿叠片 140 还可以从任意两个相邻整体极齿 70 之间的空间冲压而成。还应当注意，所述的制造过程被描述为包括冲压操作。然而，本领域技术人员将会认识到，还可以采用其他制造过程来切割叠片（例如，激光切割、导线 EDM、喷水切割等等）。

在其他结构中，单片材料形成磁轭 65、整体极齿 70 和极齿连接区域 85。在这些结构中，采用压实和/或烧结过程或者其他合适过程来将铁磁钢粉末或者软磁性复合材料形成为所需部件。此外，其他结构可以包括由单片材料形成的可连接极齿 90，该单片材料例如是压实的铁磁钢粉末或者软磁性复合材料。

使用可连接极齿 90 还使得包括磁轭 65 和整体极齿 70 的定子 20、60 可以由一种材料制成（例如，叠片状电工钢、粉末金属、软磁性复合材料、固体金属，等等），而可连接极齿 90 可以由相同材料或者不同材料制成。例如，一种结构可以包括由电工钢的叠片制成的磁轭 65 和整体极齿 70，以及由软磁性复合材料制成的可连接极齿 90。不同材料提供不同电特性和磁特性，它们可用于改进电机 10 的特定性能特性。

图 10 示出包括内衬 145 或套罐的定子 60。该内衬 145 是大致圆柱形部件，其装配到定子孔 55 内并且接触极齿 70、90 的极齿基座。内衬 145 包括中心开口 150 以便可以让转子 15 自由通过。该内衬由非

磁性材料制成，例如塑料或不锈钢。在其他结构中，该内衬可以由铁磁性材料制成，例如磁钢，并且设计成使得磁场引发的局部饱和将减小齿槽效应和波动力矩和/或改进比力矩输出。在一些结构中，该内衬 145 可以通过至少部分支承可连接极齿 90 而向定子 20 提供额外结构支承。此外，内衬 145 将定子 20 的部件充分与转子 15 的部件分开。这对于气密密封的电机应用或者其中灰尘或其他无用物质会经定子孔 55 进入定子 20 的其他应用是有用的。

图 10 所示的内衬 145 基本上是管状的。因此，内表面和外表面的周界基本上是圆形的。该管状形状不允许内衬 145 通过除极齿 70、90 和内衬 145 之间的摩擦之外的任何其他方式啮合极齿 70、90。因此，内衬 145 仅将径向力施加到极齿 70、90。虽然内衬 145 被示出位于具有双层绕组 102 的定子 60 上，但是它同样可以应用到采用单层绕组 101 的定子 20。

图 11 示出设置在具有双层绕组 102 的定子 60 内的碟形内衬 155 或套罐。该碟形内衬 155 包括交替的高部位 160 和低地 165，它们对应于极齿 70、90 中的交替的高部位 120 和低部位 125。交替的高部位 160 和低部位 165 和极齿 70、90 中的对应高部位 120 和低部位 125 互锁，以使得碟形内衬 155 可以沿径向之外的任何方向对可连接极齿 90 提供结构支承。因此，该碟形内衬 155 有助于通过将每个极齿 70、90 锁定到内衬 155 限定的特定位置而保持极齿 70、90 之间的间距。和管状内衬 145 相同，该碟形内衬 155 可以用在包括单层绕组 101 或双层绕组 102 的定子 20 上。应当注意，所示的碟形内衬 155 具有平滑或圆柱形内表面。然而，其他结构可以包括具有对应于外表面的碟形内表面的碟形内衬 155。内表面的实际结构对于电机功能而言无关紧要。

如上参照图 2 和 3 所述，包围整体极齿 70 的线圈 100 优选绕制在模拟极齿或其他支架上，或者绕制在由电绝缘材料制成的线筒支承部上，然后滑到实际的整体极齿 70 上。可以采用许多不同系统来将线圈

100 固定到极齿 70（例如，粘接剂、环氧树脂、注模塑料等等），然而图 12 示出采用固定夹 170 的结构。夹 170 啮合在极齿 70 中形成的小槽 175，以便抑制线圈 100 的运动，该线圈夹在夹 170 和磁轭 65 之间。通常，夹 170 由比较硬的材料制成，例如弹簧钢，以便它可以在电机操作期间保持在槽 175 中。在其他结构中，采用例如纤维玻璃楔、销、螺钉、螺栓等等其他机械装置来将线圈 100 保持在所需操作位置中。

在另一种结构中，在完全装配好所有线圈 100 之后，将塑料、热塑性树脂、环氧树脂或者其他合适材料注入极齿 70、90 之间的空间中。该注入材料有助于将线圈 100 保持在它们的操作位置，还能够便利将热量从定子 20 的极齿区域传送到磁轭 65。此外，该注入材料填充空白空间，因此灰尘或其他无用物质更难以进入定子 20 并损坏定子。这种结构还可以包括内衬 145 或碟形内衬 155 作为用于注入操作的永久连接装置或者暂时支架。

图 13—16 示出位于包括单层绕组 101 的定子 20 内的可连接极齿的多个结构。图 13 示出极齿 180，该极齿包括与定子磁轭 65 啮合的狭窄齿顶 185 和靠近定子孔 55 的狭窄极齿基座 190。图 15 示出另一种极齿 195，包括与磁轭 65 啮合的宽齿顶 200 和窄极齿基座 205。因为电机操作期间的具体磁通图案不同，所以可以利用分开的极齿叠片来制造图 13 和 15 的结构，该极齿叠片由各向异性磁性材料冲压而成，该结构具有沿优选磁化（或者“容易”绕制）方向定位的极齿 180、195。一种可能的磁性材料是具有定向颗粒的电工叠片钢，它是变压器的磁路制造当中通常采用的材料。选择这种材料减小了磁路磁阻和铁损，并且改进了电机性能。在图 13—16 中没有示出模拟槽口，但是应当理解的是，如果需要，也可采用模拟槽口，如同图 8 所示的结构那样。

图 14 中所示的极齿 210 包括齿顶 215，这类似于图 13 的齿顶 185。图 16 所示的极齿 220 包括齿顶 225，这类似于图 15 的齿顶 200。然而，

和图 13 和 15 的可连接极齿 180、195 相比，图 14 和 16 的可连接极齿 210、220 包括扩大的极齿基座 230。因为电机操作期间的特定磁通图案，具有扩大极齿基座 230 的结构最适用于和各向同性无颗粒（non-grain）定向磁性材料（例如，在旋转电机的磁路制造中通常采用的电工钢）一起使用。因此，这些结构不能得到通过采用各向异性颗粒定向磁性材料带来的好处。而且，图 14 的结构具有这样的缺点，即极齿 210 必须通过基座 230 来支承线圈 100 的重量，而齿顶 215 的轮廓不提供增强的机械支承，如同例如图 16 的结构中的齿顶 225 的轮廓一样。另一方面，和图 14 的结构相比，图 16 的结构具有这样的缺点，线圈 100 需要使用更为昂贵的绕线设备直接绕制在极齿 220 上。

在图 17 和 18 中示出可连接齿部 235 的部分的另一种结构。极齿 235 的该部分包括齿顶 240、极齿基座 245 以及线圈接收部分 250。极齿 235 的该部分还包括靠近极齿 235 的该部分的一端的凹槽部分 255。在许多结构中，一个叠在另一个顶部地堆叠多个叠片然后将它们粘接或以另外的方式连接在一起，从而形成极齿 235 的该部分。在其他结构中，采用压实铁磁钢粉末、软磁性复合材料或者其他材料来形成极齿 235 的该部分。在由叠片形成的结构中，堆叠具有第一轮廓的第一组叠片，从而限定极齿 235 的该部分，其包括齿顶 240、极齿基座 245 和线圈容纳部分 250。一旦制成线圈接收部分 250，则添加具有齿顶轮廓和极齿基座轮廓的叠层来制成极齿 235。

相互连接可连接极齿 235 的两部分以制得极齿 256。在一种结构中，采用粘接剂来连接极齿 235 的两半然后制得极齿 256。在另一种结构中，采用紧固件、销或者其他连接装置来连接极齿 235 的两半来制成可连接极齿 256。

虽然图 17 中所示的结构包括的两半 235 均在极齿半部 235 的一端包括一个凹槽 255，但是在其他结构中也可以在单个极齿的两端均包括凹槽 255。凹槽 255 提供用于图 18 所示的端部线圈 260 的空间。因此，

将线圈 100 设置在极齿 235 周围，该端部线圈 260 不会大大超过齿顶 240 或极齿基座 245 的端部。

图 17 和 18 的结构和当前电机结构相比具有若干优势。例如，极齿 235 中的凹槽提供用于端部线圈 260 的空间，而极齿基座 245 增强定子 20 对于转子的轴向覆盖率，从而和现有技术中的电机相比本发明的该电机具有更为小型的尺寸且具有每单位长度更高的功率输出。此外，来自端部线圈 260 的热量更容易传送到磁轭 65 然后耗散。

为了装配电机 10 的定子 20，首先形成组成多种铁芯部件的叠层 135、140。参照图 9 所示，冲压叠片 135、140 是同时形成磁轭叠片 135 和可连接极齿叠层 140 的一种方式，但是也可以采用其他方法。将一个磁轭叠片 135 堆叠到另一个的顶部上，直到该堆叠体达到期望轴向长度。在一些结构中，在堆叠体的端部上设置附加叠层或者端片（未示出），从而制得磁轭 65 和/或整体极齿 70。在采用端片的结构中，端片通常具有不同于叠片 135 的轮廓，并且具有附加的结构强度。和磁轭叠片 135 类似，极齿叠片 140 还相互堆叠和粘接。一旦堆叠完成，叠片 140 则限定一个或以上可连接极齿 90。

在需要双层绕组 102 的结构中，在所需整体极齿 70 周围绕制导体以限定线圈 100。如上所述，可以采用电机领域公知的绕线方法（例如，针状绕线器）来进行绕线。优选的，线圈 100 绕制在支架、模拟极齿或线筒支承件上，然后滑到整体极齿 70 上。该方法使得可以使用线筒绕线器或其他绕线器，而不是针状绕线器。线圈 100 还绕制在可连接极齿 90 周围。此外，线筒绕线器特别适用于该绕线作业。在采用单层绕线 101 的定子结构中，线圈 100 能够仅设置在整体极齿 70 上、或仅设置在可连接极齿 90 上、或者设置在整体极齿和可连接极齿 70、90 的组合上，这根据特定应用的需要而定。

通过互锁极齿连接部分或齿顶 110 和极齿连接部分 85，将可连接

极齿 90 设置在磁轭 65 内。极齿 90 通过沿基本平行于电机 10 的旋转轴 40 的轴 265 轴向滑动而与磁轭 65 啮合。为了实现所需接触程度，需要建立干涉配合。因此，装配过程包括对磁轭 65 和极齿 90 实施差分加热和/或冷却。例如，在一种结构中，磁轭 65 加热到比极齿 90 高 200 华氏度的温度。这可以通过仅加热磁轭 65，或者加热磁轭 65 且冷却极齿 90 来完成。该差分加热使得极齿连接部分 85 膨胀，如果采用冷却，则齿顶 110 会收缩。一旦极齿 90 设置在所需位置，则部件之间的温度相等，并且会建立紧密的收缩配合。在一些结构中，在可连接极齿 90 设置在正确位置之后还设置端板。在这些结构中，端板会部分或总体覆盖极齿连接部分 85 和齿顶 110，从而抑制可连接极齿 90 相对于磁轭 65 发生不希望的轴向运动。

如果采用内衬，则接着在定子孔 55 内设置内衬 145 或 155，并且相对于极齿 70、90 设置在期望位置处。一旦安装，则能够将塑料、环氧树脂、树脂或其他填充材料注入极齿 70、90 之间的空间，从而更好地固定极齿 70、90，并且抑制不希望的物质进入定子 20 中。

用于制造定子 20 的操作顺序可以根据具体电机设计特性而变化。例如，通过首先将线圈 100 连接到整体极齿 70，然后将包括线圈 100 的可连接极齿 90 连接到磁轭 65，从而能够制得具有非常小槽开口 130 的电机设计，这些槽开口的尺寸不受到关于线圈 100 和极齿 70 和 90 的宽度的限制。

因此，本发明提供一种用于电机 10 的、新颖有用的定子 20，以及一种装配定子 20 的方法。这种新颖的定子 20 具有改进的电磁性能和机械性能，并且具有增强的可制造性。上述参照附图示出的定子 20 的结构和装配定子 20 的方法仅通过示例方式来阐述，并不对本发明的概念和原理进行限制。在下面的权利要求中阐明本发明的多种特征和优点。

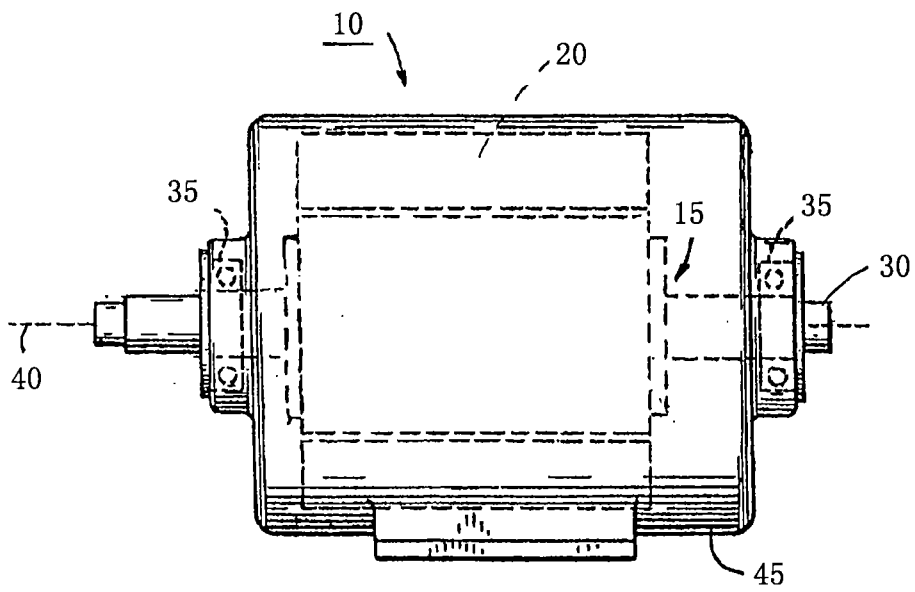


图1

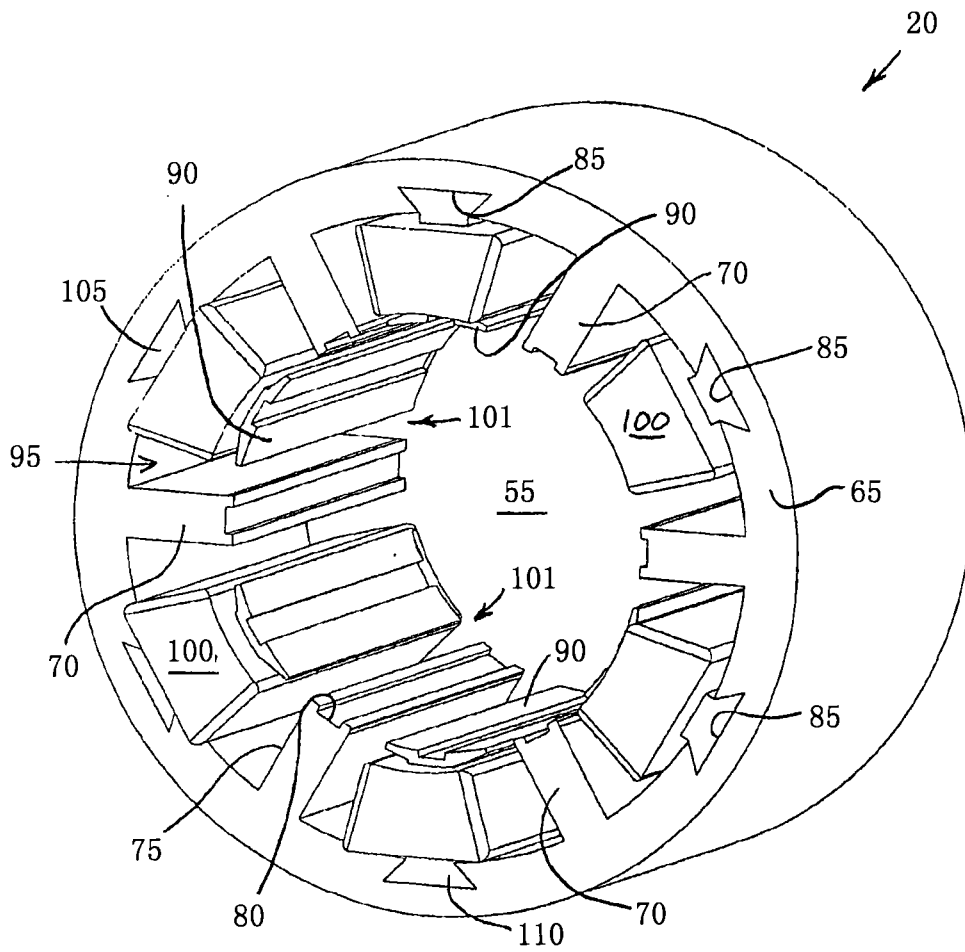


图2

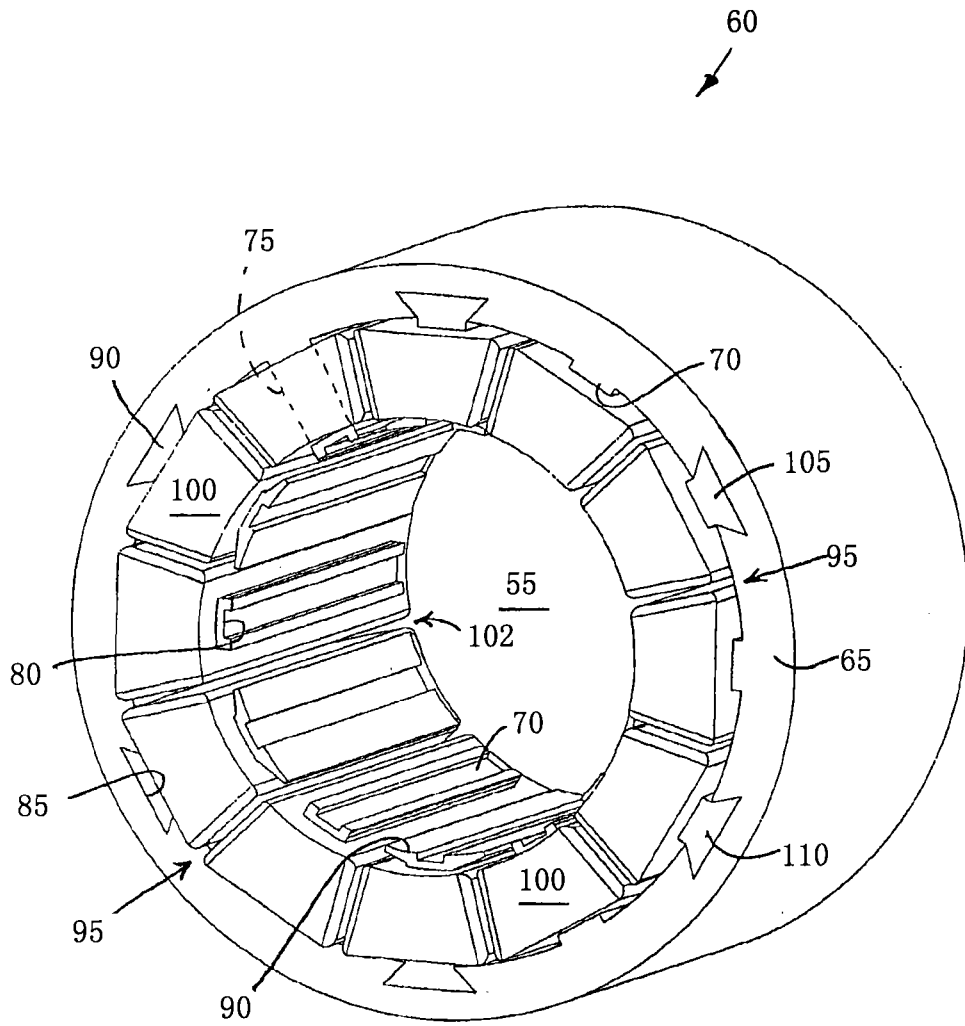


图3

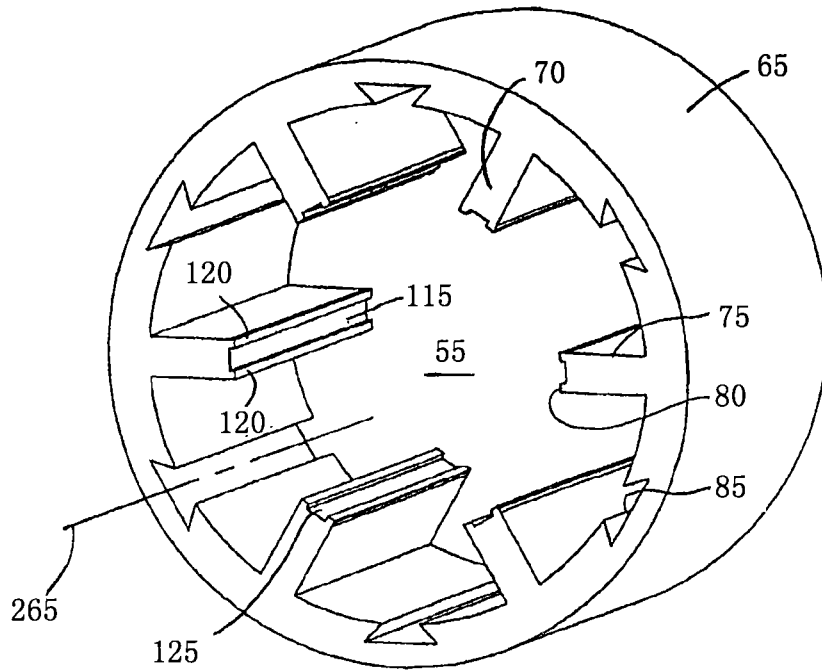


图4

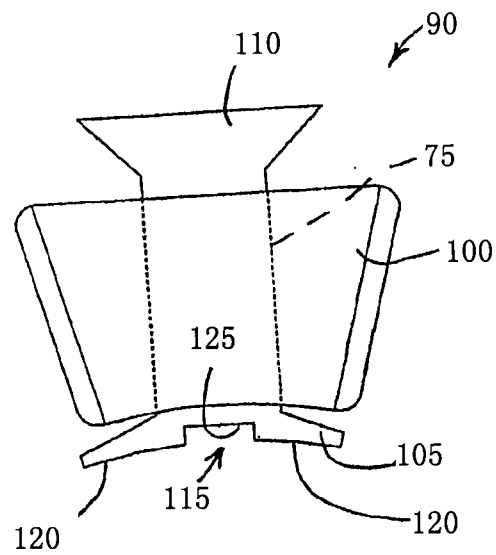


图5

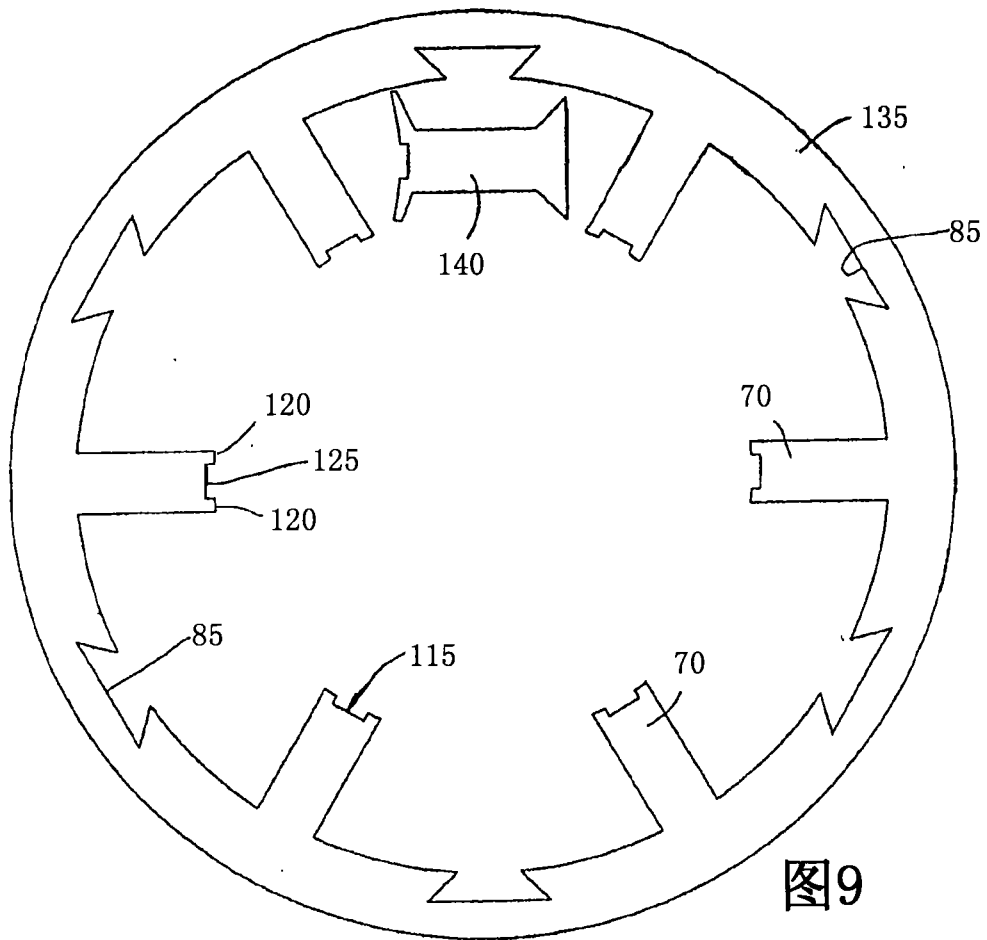


图9

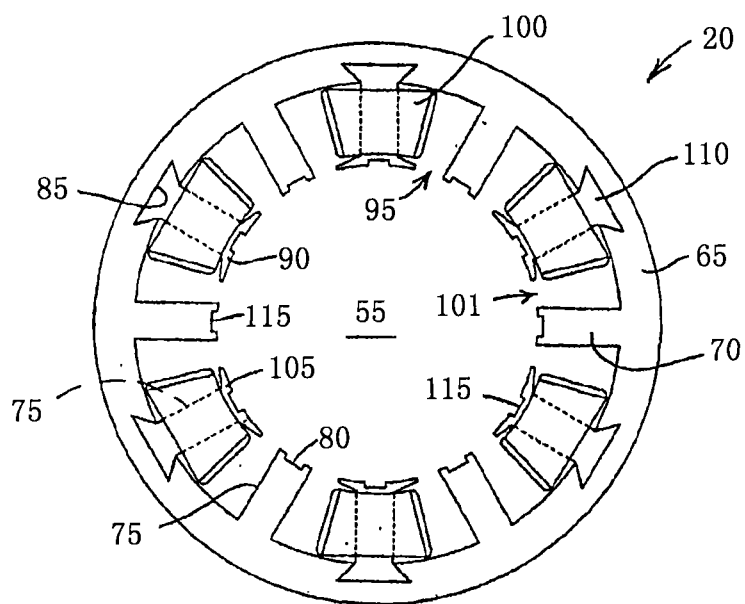


图6

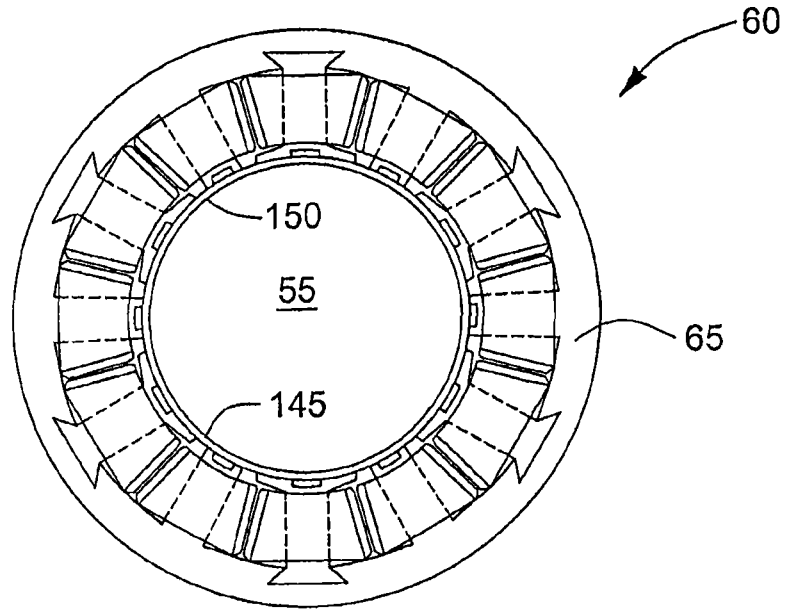


图10

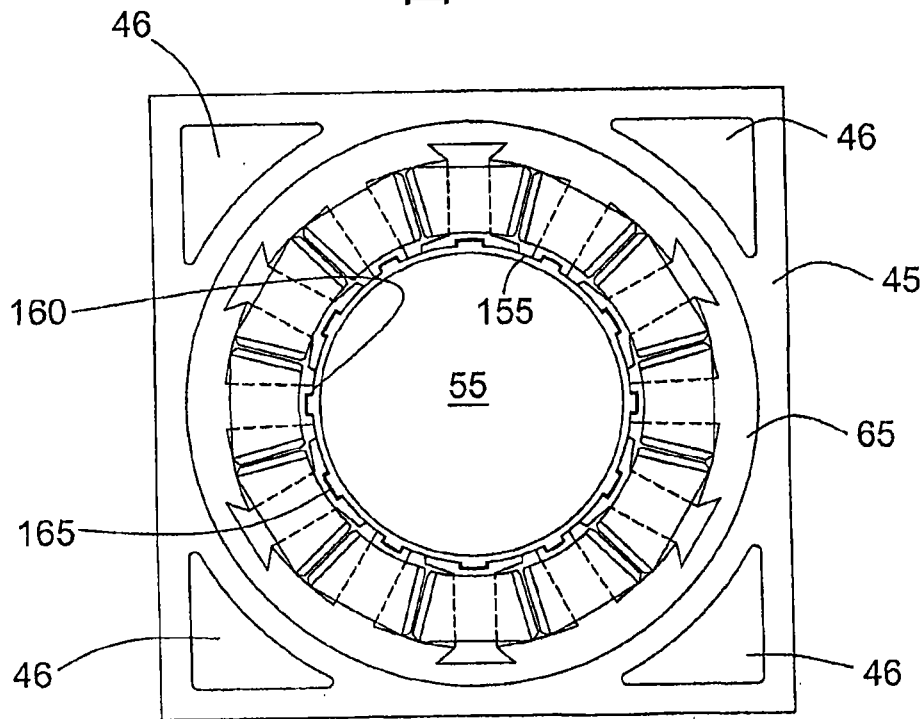


图11

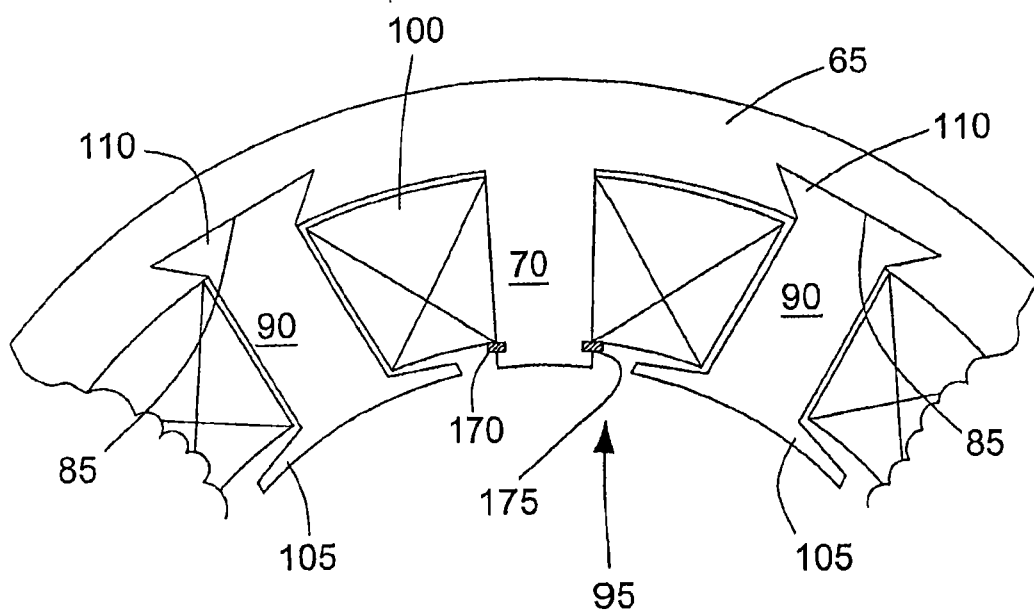


图12

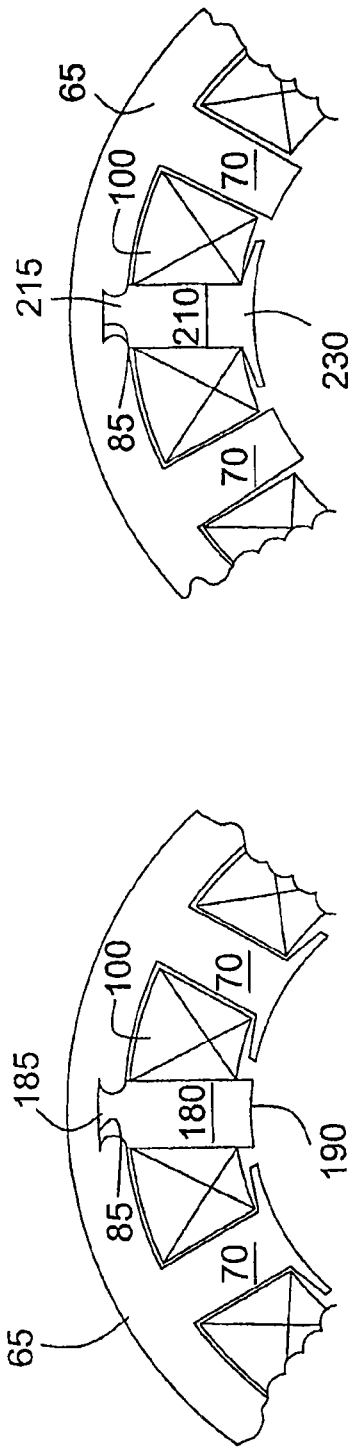


图13

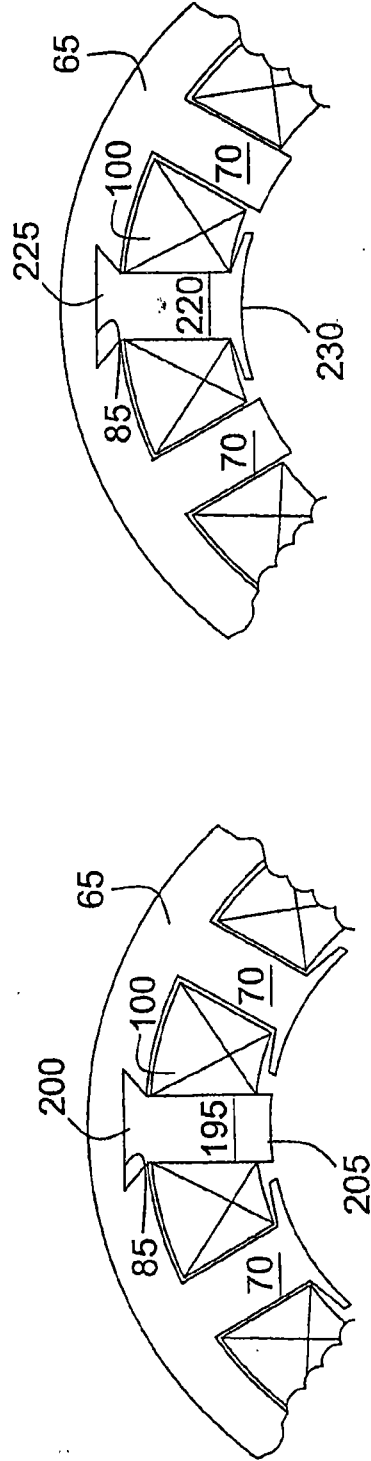


图15

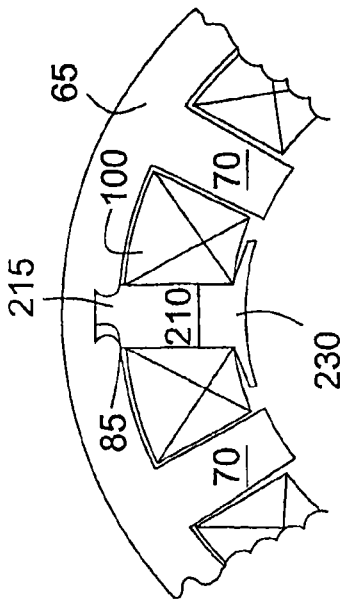


图14

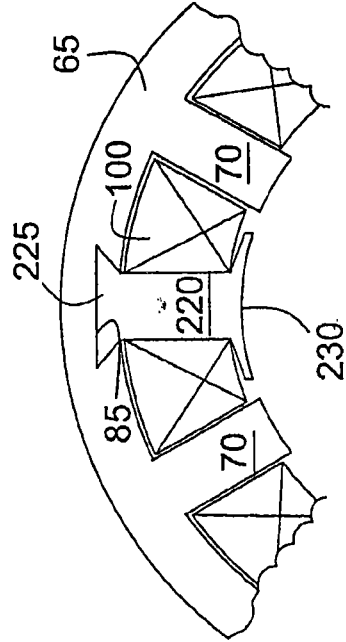


图16

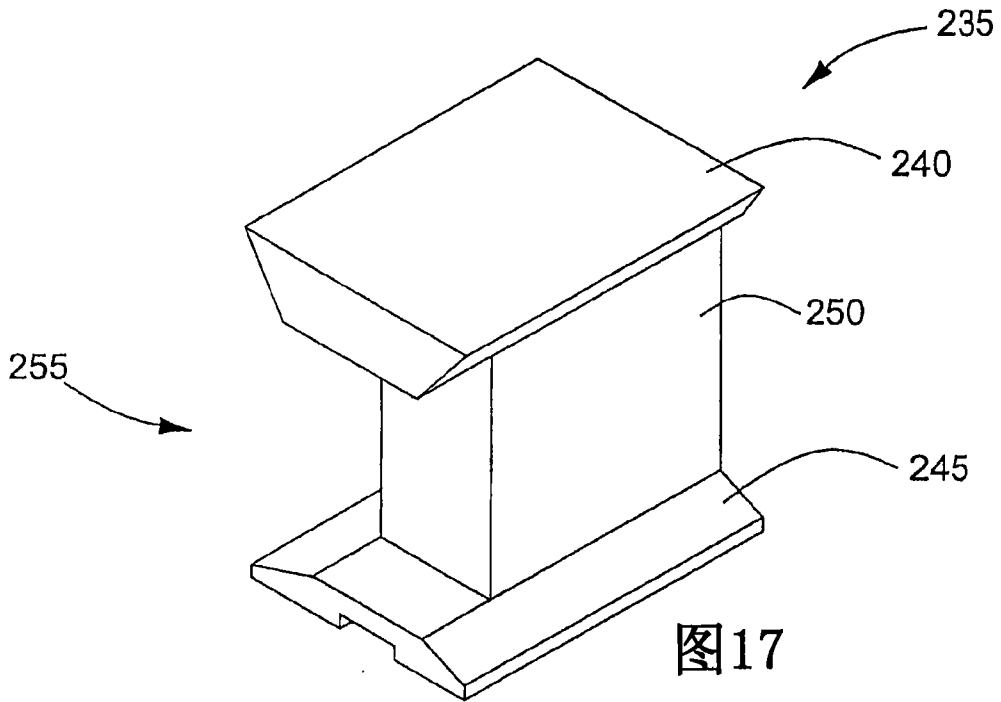


图17

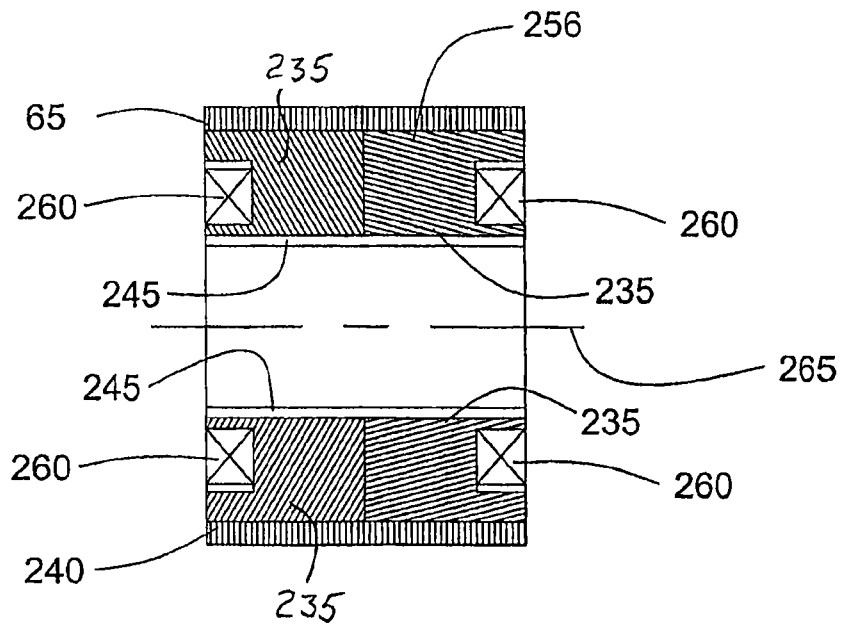


图18

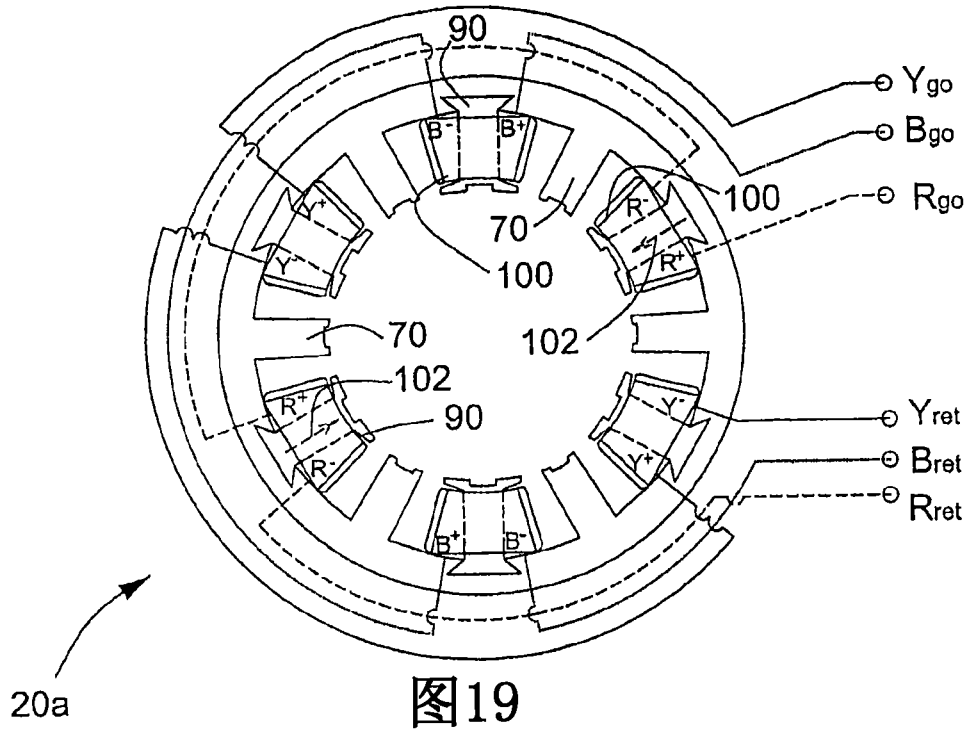


图19

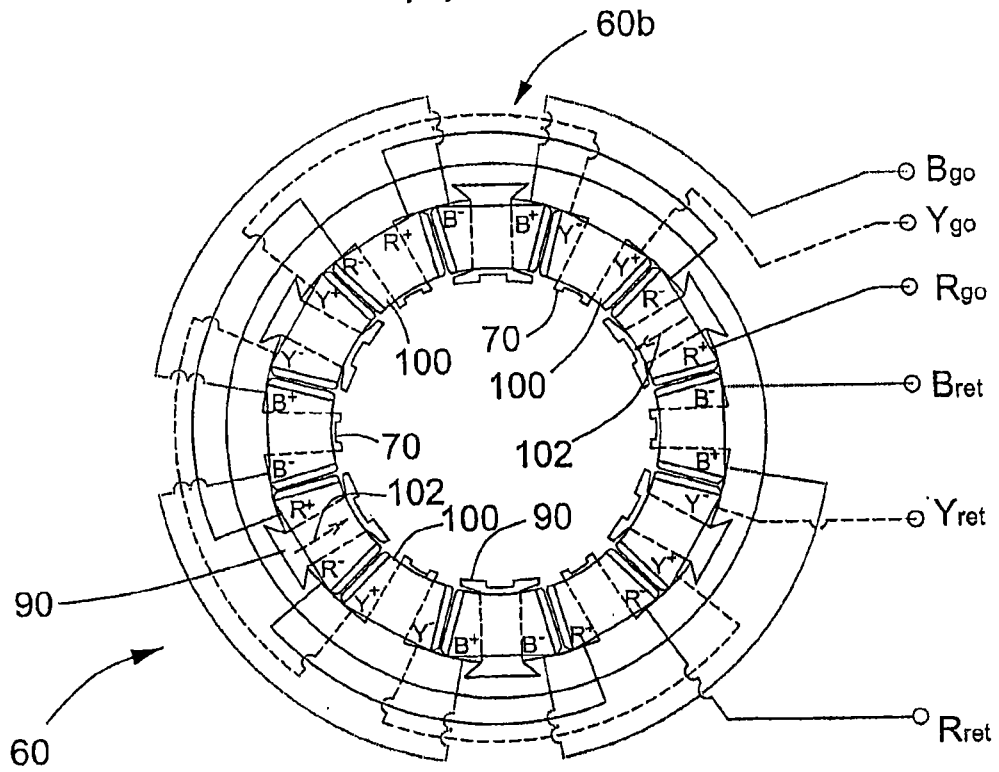


图20

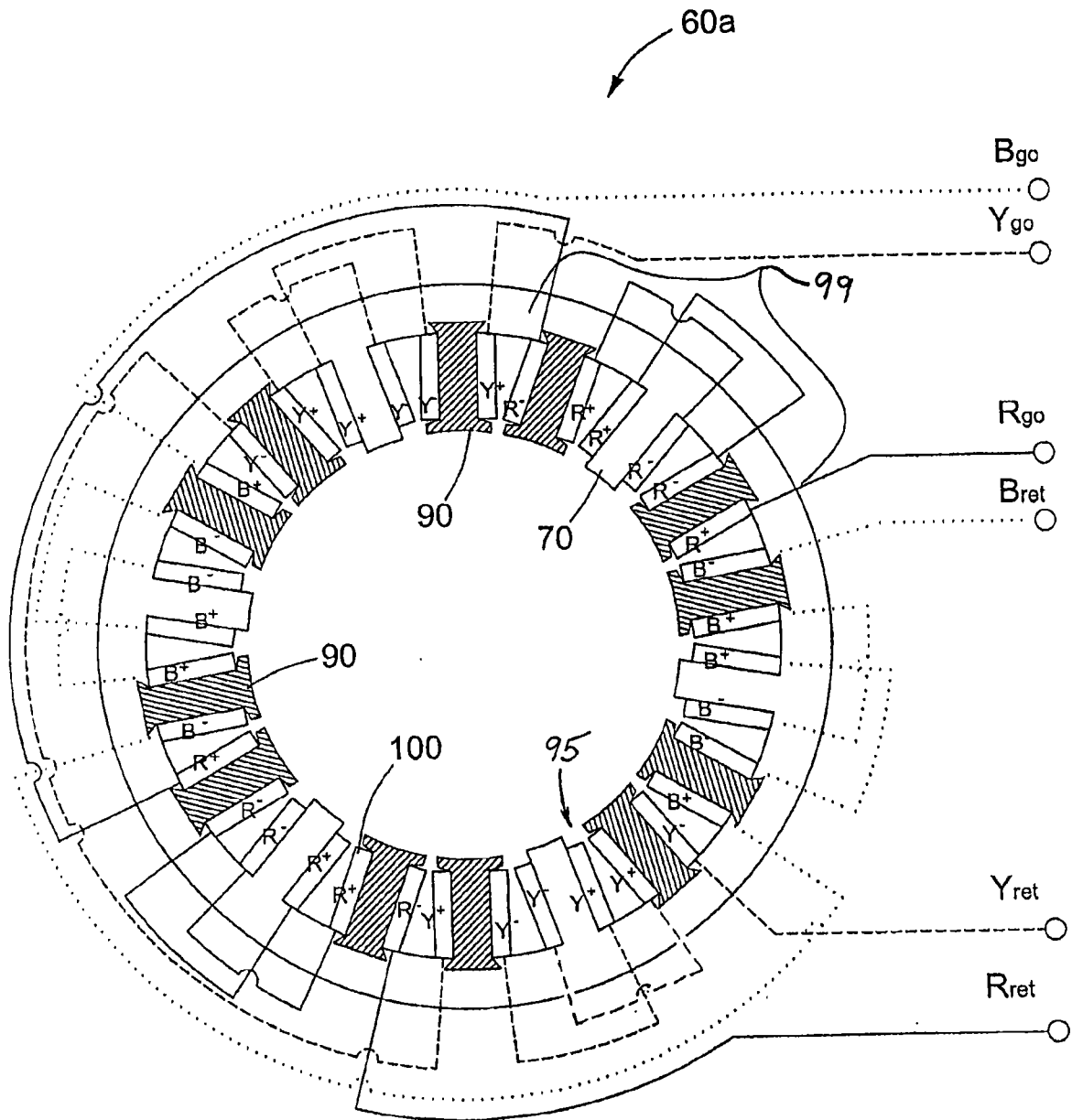


图21