

[12] 发 明 专 利 说 明 书

[21] ZL 专利号 96195652.6

[45]授权公告日 2002 年 1 月 2 日

[11]授权公告号 CN 1077347C

[22]申请日 1996.5.30 [24]颁证日 2002.1.2

[21]申请号 96195652.6

[30]优先权

[32]1995.5.30 [33]SE [31]9501981-6

[32]1995.5.31 [33]DE [31]19520052.7

[32]1995.5.31 [33]DE [31]19520054.3

[86]国际申请 PCT/SE96/00704 1996.5.30

[87]国际公布 WO96/38903 英 1996.12.5

[85]进入国家阶段日期 1998.1.19

[73]专利权人 维尔莫斯·托洛克

地址 瑞典里丁格

[72]发明人 维尔莫斯·托洛克 W·维斯马赫

R·斯查尔

[56]参考文献

WO 9002437 1990.3.8 H02K19/06

WO 9212567

1992.7.23

H02K19/06

审查员 张东亮

[74]专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

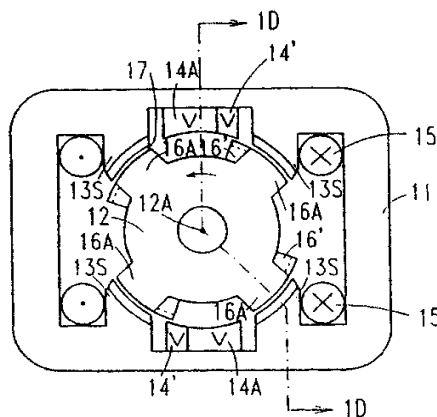
代理人 马铁良 王忠忠

权利要求书 5 页 说明书 19 页 附图页数 8 页

[54]发明名称 自启动无刷电动机

[57]摘要

一种自启动无刷电动机具有:第一电动机部分(定子)(11)并设有以排布置的极,所述极构成铁磁材料极(135)或永磁极(14A);第二电动机部分(转子)(12)并设有以排布置的极,所述极构成铁磁材料极(16A)或永磁极并被布置在第一电动机部分(11)的极排的对面,其中一个电动机部分设有铁磁凸极,或当两个电动机部分具有铁磁凸极时,至少一个电动机部分具有永磁极,并在第一电动机部分上设有激励绕组。由极排形成的该系统是在各电动机部分(11,12)彼此相对运动的方向上磁性不对称的。



权 利 要 求 书

1. 一种自起动无刷电动机, 包括:

具有以隔开关系布置在第一极排(S)上的多个极组的第一电动机部分(11);

5 具有以隔开关系布置在第二极排(R)上的多个极的第二电动机部分(12);

支承第一电动机部分及第二电动机部分的支承装置, 用于使第一极排通过气隙(17)面对第二极排相对运动;

10 第一及第二极排(S, R)构成包括第一及第二极型的极系统, 第一极型的极是磁阻极, 第二极型的极是永磁极, 这些永磁极横切气隙地极化, 该极系统呈现磁不对称性, 在绕组系统激励时提供所述电动机部分的优先相对运动方向, 及

15 在第一电动机部分上的绕组系统(15), 它包括与每个极组相关地布置的绕组线圈, 以当线圈被激励时产生通过极组使第一和第二极排的极相交链的磁场;

其特征在于:

第一极排(S)的至少一个极组同时包括第一及第二极型, 并呈现磁不对称性, 第二极排(R)的极(16、16A、18AN、18AS、18SN、18SS)都为相同极型, 且不对称。

20 2. 根据权利要求1的电动机, 其特征在于: 第一极排(S)中的所述至少一个极组具有至少一个不对称磁阻极(13S), 第二极组(R)包括多个基本上均匀隔开的不对称磁阻极(16A)。

3. 根据权利要求1的电动机, 其特征在于: 第二极排(R)具有多个不对称磁阻极(13S)或多个不对称永磁极(18AS、18AN)。

25 4. 根据权利要求2的电动机, 其特征在于: 第一极排(R)的至少一个极组具有一个对称的磁阻极(13S), 一个不对称的磁阻极(13A)及一个位于这两个磁阻极之间的不对称永磁极(18AS、18AN); 及第二极排(R)包括多个基本均匀隔开的不对称磁阻极(16A)。

30 5. 根据权利要求1的电动机, 其特征在于: 第一极排(S)的至少一个极组具有两个对称的磁阻极(16S)及位于这些磁阻极之间的一个不对称永磁极(18AS、18AN); 第二极排包括多个基本上均匀隔开的磁阻极(16A)。

6. 根据权利要求 1 的电动机, 其特征在于: 第一电动机部分(11)及第二电动机部分(12)的不对称极(13A, 14A, 18AN, 18AS)包括一个主极部分及一个辅助极部分(13'、14'、18'), 后者从主极部分上在相应电动机部分的优先运动方向上伸出。

5 7. 根据权利要求 6 的电动机, 其特征在于: 辅助极部分(13'、14'、18')具有沿极排(S、R)测量的长度, 当两个电动机部分(11、12)的任两个极彼此磁性对齐时, 一个电动机部分(11、12)上的至少一个磁不对称极的辅助极部分至少延伸到另一电动机部分(12、11)上的相邻极附近, 并最好稍微覆盖所述相邻极。

10 8. 根据权利要求 1 的电动机, 其特征在于: 第一极排(S)的极组是相同的。

9. 一种自起动无刷电动机, 包括:

具有以隔开关系布置在第一极排(S)上的多个极组的第一电动机部分(11);

15 具有以隔开关系布置在第二极排(R)上的多个极的第二电动机部分(12);

支承第一电动机部分及第二电动机部分的支承装置, 用于使第一极排通过气隙(17)面对第二极排相对运动;

20 第一及第二极排(S, R)构成包括第一及第二极型的极系统, 第一极型的极是磁阻极, 第二极型的极是永磁极, 这些永磁极横切气隙地极化, 该极系统呈现磁不对称性, 在绕组系统激励时提供所述电动机部分的优先相对运动方向, 及

25 在第一电动机部分上的绕组系统(15), 它包括与每个极组相关地布置的绕组线圈, 以当线圈被激励时产生通过极组使第一和第二极排的极相交链的磁场;

其特征在于:

30 第一极排(S)的至少一个极组包括一对磁阻极, 该对磁阻极中至少一个(13A)是不对称的, 一个位于该磁阻极之间(13A、13S)之间不对称永磁极(14A), 第二极排(R)具有多个基本上均匀隔开的对称永磁极(18SN、18SS)。

10. 根据权利要求 9 的电动机, 其特征在于: 第一极排(S)的所述至少一个极组具有一个对称的磁阻极和一个不对称的磁阻极(13A)。

11. 根据权利要求 1 的电动机, 其特征在于: 第一极排(S)的所述至少一个极组具有一个对称磁阻极(13S)及一个对称永磁极(14S)。

12. 根据权利要求 11 的电动机, 其特征在于: 第二极排(R)具有多个基本上均匀隔开的不对称磁阻极(16A)或多个基本上均匀间隔的不对称的永磁极(18AN、18AS)。

13. 根据权利要求 11 的电动机, 其特征在于: 第一极排(S)的所述至少一个极组还具有至少一个不对称磁阻极(13A), 该极组的永磁极(14S)设置在磁阻极(13A、13S)之间。

14. 根据权利要求 9 的电动机, 其特征在于: 第一电动机部分(11)及第二电动机部分(12)的不对称极(13A, 14A, 18AN, 18AS)包括一个主极部分及一个辅助极部分(13'、14'、18'), 后者从主极部分上在相应电动机部分的优先运动方向上伸出。

15. 根据权利要求 14 的电动机, 其特征在于: 辅助极部分(13'、14'、18')具有沿极排(S、R)测量的长度为, 当两个电动机部分(11、12)的任两个极彼此磁性对齐时, 一个电动机部分(11、12)上的至少一个磁不对称极的辅助极部分至少延伸到另一电动机部分(12、11)上的相邻极附近, 并最好稍微覆盖所述相邻极。

16. 根据权利要求 9 的电动机, 其特征在于: 第一极排(S)的极组是相同的。

17. 一种自起动无刷电动机, 包括:

具有以隔开关系布置在第一极排(S)上的多个极组的第一电动机部分(11);

具有以隔开关系布置在第二极排(R)上的多个极的第二电动机部分(12);

25 支承第一电动机部分及第二电动机部分的支承装置, 用于使第一极排通过气隙(17)面对第二极排相对运动;

30 第一及第二极排(S, R)构成包括第一及第二极型的极系统, 第一极型的极是磁阻极, 第二极型的极是永磁极, 这些永磁极横切气隙地极化, 该极系统呈现磁不对称性, 在绕组系统激励时提供所述电动机部分的优先相对运动方向, 及

在第一电动机部分上的绕组系统(15), 它包括与每个极组相关地布置的绕组线圈, 以当线圈被激励时产生通过极组使第一和第二极排的

极相交链的磁场;

其特征在于: 第一极排(S)仅包括不对称磁阻极(13A), 及第二极排(R)包括多个交替极性的永磁极(18AN、18AS、18SN、18SS), 相同极性的极基本上均匀隔开地布置。

5 18. 根据权利要求 17 的电动机, 其特征不在于: 第二极排(R)只包括不对称永磁极(18AN、18AS)。

19. 根据权利要求 17 的电动机, 其特征不在于: 第一电动机部分(11)及第二电动机部分(12)的不对称极(13A, 14A, 18AN, 18AS)包括一个主极部分及一个辅助极部分(13'、14'、18'), 后者从主极部分上在相应电动机部分的优先运动方向上伸出。

20. 根据权利要求 19 的电动机, 其特征不在于: 辅助极部分(13'、14'、18')具有沿极排(S、R)测量的长度, 当两个电动机部分(11、12)的任两个极彼此磁性对齐时, 一个电动机部分(11、12)上的至少一个磁不对称极的辅助极部分至少延伸到另一电动机部分(12、11)上的相邻极附近, 并最好稍微覆盖所述相邻极。

21. 根据权利要求 17 的电动机, 其特征不在于: 第一极排(S)的极组是相同的。

22. 一种自起动无刷电动机, 包括:

20 具有以隔开关关系布置在第一极排(S)上的多个极组的第一电动机部分(11);

具有以隔开关关系布置在第二极排(R)上的多个极的第二电动机部分(12);

支承第一电动机部分及第二电动机部分的支承装置, 用于使第一极排通过气隙(17)面对第二极排相对运动;

25 第一及第二极排(S, R)构成包括第一及第二极型的极系统, 第一极型的极是磁阻极, 第二极型的极是永磁极, 这些永磁极横切气隙地极化, 该极系统呈现磁不对称性, 在绕组系统激励时提供所述电动机部分的优先相对运动方向, 及

30 在第一电动机部分上的绕组系统(15), 它包括与每个极组相关地布置的绕组线圈, 以当线圈被激励时产生通过极组使第一和第二极排的极相交链的磁场;

其特征不在于: 第一极排仅包括永磁极(14AN, 14AS), 第一极排(S)

的至少一个极组包括一对以相反方向极化的不对称永磁极; 及第二极排(R)包括多个基本上均匀隔开的不对称磁阻极(16A)。

23. 根据权利要求 22 的电动机, 其特征在于: 该极组包括至少一个相对于相邻的一个极或多个极相反极化的附加不对称永磁极(14AN、
5 14AS)。

24. 根据权利要求 1 的电动机, 其特征在于: 第一极排(S)的至少一个极组包括一个布置在不对称位置的永磁极(14), 及第二极排(R)包括多个基本上均匀隔开的磁阻极(16)。

25. 根据权利要求 24 的电动机, 其特征在于: 所述极组包括一对磁
10 阻极(13S), 该永磁极(14)设置在磁阻极(13S)之间相对于该磁阻极的不对称位置。

26. 根据权利要求 25 的电动机, 其特征在于: 永磁极(14)和磁阻极(13S)是对称的; 及永磁极(14)是可沿该极排(R)从所述不对称位置移到
15 磁阻极(13S)之间的对称线(L)另一侧的相应不对称位置的; 及第二极排的磁阻极(16)包括主极部分及在主极部分每侧上的辅助极部分(16')。

27. 根据权利要求 22 的电动机, 其特征在于: 第一电动机部分(11)及第二电动机部分(12)的不对称极(13A, 14A, 18AN, 18AS)包括一个主极部分及一个辅助极部分(13'、14'、18'), 该辅助极部分从主极部分上在相应电动机部分的优先运动方向上伸出。

20 28. 根据权利要求 27 的电动机, 其特征在于: 辅助极部分(13'、14'、18')具有沿极排(S、R)测量的长度, 当两个电动机部分(11、12)的任两个极彼此磁性对齐时, 一个电动机部分(11、12)上的至少一个磁不对称极的辅助极部分至少延伸到另一电动机部分(12、11)上的相邻极附近, 并最好稍微覆盖所述相邻极。

25 29. 根据权利要求 22 的电动机, 其特征在于: 第一极排(S)的极组是相同的。

30. 根据上述权利要求中任一项的电动机, 其特征在于: 该电动机为旋转电动机; 及第一极排(S)包括至少一对径向相对的极组。

说明书

自起动无刷电动机

5 本发明涉及一种类型的自起动无刷电动机，该类型电动机包括在两个相对运动的电动机部分中至少一个上的磁阻极（铁磁凸极）及在该极系统中的一个或多个永磁极。

10 自起动无刷电动机可用单极性的直流脉冲供电或交变极性的电流供电。当具有中等轴功率的电动机被供电时，直流脉冲电源使用最小数目的电子开关并由此得到电动机及供电电子装置的最低系统成本。另一方面，当在电动机中的供电电子装置内的电子开关数目无论如何必须增加时，可有利地对电动机供给交替极性的电流，以便在两个半周期上将电功率供给电动机，由此获得更均匀的转矩输出并使绕组中导电损耗减小。

15 在单相无刷电动机中仅设有一个由单个外部电流源供电的绕组，它设在彼此相互转动或移动的两个或多个部分的一个上。这种电动机可以自起动，即当在静止时在预定方向上产生驱动转矩，该预定方向为优先起动方向，并仅以该起动方向是在电动机设计时固有的为条件。在优先方向上的自起动可在电动机的软磁铁心中设置不对称性来达到，例如通过使用不对称凸极和/或不对称永磁极，或设置不连接到外电源上的辅助绕组，例如公知隐极电动机中的短路电流通路。这种电流通路仅在与这些电流通路交链的磁场变化的影响下才导通电流。为在电动机静止时使电流流入这些电流通路，与外电源连接的绕组中必须供给脉冲或交变电流。

25 理论上可以说明，在未设辅助绕组但甚至在电动机绕组断电时仍然在任一转向上施加转矩的电动机中必须总包含永磁极。

30 在以下的说明中仅限于旋转运动的电动机，它具有设有绕组的第一部分，以下称为定子，及布置在定子内并可相对它旋转的第二部分，以下称为转子。但是，可以理解，这两部分可交换位置，将定子与转子隔开的气隙不一定是圆柱形的，但也同等地可为扁平或锥形的，及电动机这两部分之间的相对运动不一定为旋转，也同等地可为线性运动或旋转与直线的结合，也即同时地沿转轴及绕转轴发生运动。

电动机的功能可被描述为包括对每转给定次数重复的工作周期。在非常低的速度时，例如从静止起动时，设计用单极性 DC 脉冲供电的电动机的工作周期由绕组通电流的一部分及绕组无电流的另一部分组成。对于设计用交变极性电流脉冲供电的电动机，工作周期由绕组通过一个极性电流的一部分、接着的无电流部分、及然后以反向极性电流供电给绕组的一部分再接着是该工作周期的另一无电流的部分组成。

在无电流状态中，转子必须达到起动位置，也即这样的位置，在该位置上如果绕组通以电流，将引起驱动转矩，即在电动机优先方向上的转矩，它足够大到能克服电动机和/或被电动机驱动物体中任何的摩擦转矩或类似阻转矩。在电动机中通过永磁力产生的转矩必须保持其方向并足够强以使转子直到能被激磁的位置为止。可以理解，需要在无电流状态下的转矩输出装置，即电动机必须包括至少一个永磁极。

根据所述原理工作并在极系统中呈现磁不对称性的电动机已由 WO 09/02437 和 WO 92/12567 所公知。本发明的一个目的是对上述公开文献中电动机所代表的类型的电动机进行改进。

该目的是借助于由附设权利要求书限定的磁激励定子及转子部件（极）的结构来实现的。

除了提供实现结构替换实施例的可能性外，本发明还提供了增加电动机产生的力 - 旋转电动机中为转矩及线性电动机中为线性作用力或“吸引力” - 的可能性，这在于以下一个或多个方面：

- 增加由永磁极产生的将无电流电动机的转子拉到最接近的起动位置上的转矩。这种改进在被驱动物体中可能出现高摩擦转矩的应用方面，如驱动轴密封件将是有利的。

- 增加当转子静止于起动位置及其绕组中通过可获得的最大电流时的电动机中出现的转矩。这种改进在上节中所述状态下也是有利的。

- 在给定热损耗条件下增加气隙功率 - 至少在某些实施例中，由此得到用于给定用途的更小并且经济上更可取的电动机，当对于某些应用，低的电动机重量至关重要时它将具有很大优点，这类应用例如为手持工具或另外的手持物件，并且当假如供电电子装置不可避免的成本增加不能抵消该效果时，通常在经济上也是有利的。

涉及本发明的电动机中磁激励的部件如下：

- 定子上的线圈：

原则上线圈构成单个电流电路并且可串联和/或并联连接。当供电电子装置由多个并联工作的单元组成时，每单元可连接到它自己的线圈上或线圈组上，好比它们构成单个电路那样。可使用两部分绕组来代替对绕组供给交变极性的电流，对这两个“半绕组”用单极性电流供电，但

5 这两个“半绕组”具有相反的磁方向。

- 铁磁材料的凸极（磁阻极）

在根据本发明的大多数电动机中，铁磁凸极，在下文中也称磁阻极可位于定子上，它们单独地或与永磁极一起用在定子上。

也可在转子上设有磁阻极，但最好不与永磁极混合使用。也可在转子上考虑这些极类型的混合使用，但通常没有意义。

在定子和转子上的磁阻极均可不是磁不对称的。对于磁不对称的定子极，其不对称部分应设在与电动机优先运动方向相反的方向上，而在转子上其不对称部分应在与优先运动方向相同的方向上。

替换或附加地，在定子及转子两者上设置磁阻极，但是，这些磁阻极在与上述方向相反的方向上表现某些磁不对称性，而这不可能使电动机不能工作。

- 永磁极

仅在转子上设有磁阻极的电动机必须在定子上总是设置永磁极。在定子上的永磁极最好是磁性平恒的，即两种极性的极数目和尺寸相同。

在某些情况下，如果永磁极是不对称的，将是有利的。

设计用来供给单极性电流脉冲的并具有永磁转子极的电动机必须总是要在定子上设置永磁极。如果这些永磁极是形状不对称的并具有主极部分及辅助极部分，它们的主极部分可有利地在与辅助极部分的方向相反的方向上移动，例如从如果该极是对称的并仅由主极部分组成时它应具有的位置开始移动。

设有永磁转子极的电动机可以在定子上无永磁极。该电动机仅当以交变极性电流脉冲供电时才能自起动。对于给定绕组损耗这种电动机与由单极性电流脉冲供电的电动机相比具有更均匀的转矩输出及更高的平均转矩。

永磁极、对称的及不对称的两者均可具有弯曲的端部或边缘，即在与转子轴方向成一定角度上延伸的边缘。在某些情况下，这种永磁极边缘的弯曲对电动机功能是极为有利的。这些弯曲边缘不一定作成几何形

状。对于这些边缘由涉及磁极化印记（例如在永磁极中）的分界线（分界区域）组成就足够了，即当永磁极被磁化时这些印记被印在上面。

这些同一磁化区域的分界线可能不是线性地延伸的，而不会使电动机功能受大影响。

5 在本发明及附设权利要求书的范围内，磁不对称性可由多种方式达到，并对它们中的一些说明如下。

如在现有技术中的电动机那样，磁不对称性旨在电动机中建立一个优先的起动方向，但是根据本发明的电动机中的磁不对称性还用于其它目的。

10 基本地，在本发明中使用的磁不对称性的附加目的是延伸这里所称的“牵入距离”。它是这样一个距离，在该距离上一个电动机部分上的一个极即永磁极或受激磁的磁阻极能够吸引另一电动机部分上的一个极并足以引起这两个极彼此从第一稳定位置、如吸引位置相拉到下一稳定位置、如起动位置，在起动位置上这两个极彼此磁性上对齐并因此在这两极之间在相对运动方向上不存在磁拉力（仅在横切该方向的方向上有磁拉力）。

15 在牵入运动期间，这两个极之间的导磁性或换言之，经过它们之间的磁通（假定磁势为恒定）应持续地增大到最大值，它发生在这两个极磁性上对齐时。因此牵入距离的延伸需要在牵入距离上磁通变化率的平均值下降。

20 这种下降是借助于磁不对称性来实现的，例如在至少一个极上设置一个在相应优先起动方向上延伸的附加极部分，以使得该极将具有一个主极部分及一个辅助极部分，后者确定了优先的起动方向。

25 在起动位置及吸引位置上，辅助极部分至少延伸到另一电动机部分的下一极（从相应优先起动方向上看）附近的点上，并且它可能甚至稍微覆盖该极。但是，辅助极部分的覆盖部分不会带有象主极部分的覆盖部分那样大的单位覆盖长度圆周上测量的磁通量。

30 假定在通过例子方式选择的旋转电动机中定子极和转子极两者的前端及后端沿轴向延伸，定子极的磁不对称性在大多数情况下原则上可用下列方式来考虑。电动机的转子用与转子相同直径的均匀铁磁圆柱体来代替，及当该圆柱体转动以使沿轴向延伸的圆柱体表面的线在优先转向上通过极时，将沿圆柱体表面轴向延伸线来测量气隙磁通密度。得到

了测量的磁通密度（作为在线长度上的平均值）相对于该线与极的相对角度位置的函数曲线，它从在极前端接近零的点开始或多或少均匀地或以或多或少明显的阶步上升到在主极部分下的大致恒定值及然后在极后端急剧下降。如果该极是对称的，则该曲线将是对称的并类似一个高斯曲线。

对上述原则的适当修改也可应用于另外的情况，例如当考察转子极或极的前、后端非轴向延伸的极的磁不对称性时。例如，极端部为弯曲的并由此沿一螺旋线延伸的情况，通过沿相应的弯曲线进行的磁通密度测量可以作出考察。

10 在具有均匀径向尺寸及均匀径向磁化的永磁极的情况下，磁极的不对称性可由极形状产生，例如，极的前端及后端在电动机轴向上可具有不同的长度。通过在均匀厚度的永磁材料的环中以相应的形状磁化“印极”（imprinting pole）也能获得类似的效果。在此情况下，永磁环的形状与磁化图形或“磁铁形状”无关。

15 磁极的不对称性也可通过设置在其前端及后端分别具有不同径向尺寸的永磁极来达到（即使极处气隙的宽度在电动机两部分相对运动的方向上变化），但在其整个体积上给予均匀的强磁化。

当然也可同时地使用多种方法，以便获得永磁极的磁不对称。

20 对于铁磁凸极即磁阻极也具有多种方法来获得磁不对称性。一种方法是将这种极面对着气隙的表面在电动机的轴向延伸方向上设置成不对称，在此情况下整个极表面将位于距旋转轴相同的径向距离上。

另一方法是使磁阻极伸出的面（面对气隙的表面）作成对称的，而改变它距旋转轴的径向距离，即相对于另一电动机部分上的一个设想表面（圆柱面）逐步地或连续地改变沿极表面气隙的宽度。

25 第三种方法是改变沿极表面的饱和磁通密度。这是通过对凸极的不同部分使用不同的磁性材料来达到的，或改变叠片铁磁极的填充系数，或借助冲压槽孔来达到的，例如，在实际极面的下方（由此实际极面呈现均匀）冲孔，或通过改变辅助极部分的径向尺寸以使得它具有象弯曲的鸟嘴轮廓的形状来达到。

30 当然可以同时使用达到磁不对称的多种方法。选择如何来获得不对称性通常取决于实际电动机的制造成本及供电电子装置成本之间的平衡，因为不对称类型的选择将影响包括在供电电子装置中的功率电子开

关器件的规格。

正如将要阐明的，在实施本发明磁不对称性的电动机中，不仅使与公用绕组线圈相关的极组的个别极赋有特征，该公用绕组使得所有极组的极将遭受到该线圈受激励时产生的磁场。而且也使整个极组赋有特征并不但借助一个或多个个别极的磁不对称并且也借助极组内或转子上个别极的不对称布置来达到。

10 如果当转子极在它与定子极磁性对齐的位置及转子上任一极与不同类型的定子极在定子仅具有永磁极时为不同极性的极磁性对齐的下一相邻位置之间运动时、转子极移动的距离长于或短于半个转子极距的话，则定子上一个极组的极将不对称地布置。

15 换言之，如果当转子在转子极与永磁极磁性对齐的位置即起动位置到转子极（可为任一转子极）处于吸引位置的下一后位置或下一前位置之间运动时、转子极横移的距离长于或短于半个转子极距的话，例如，在转子上的永磁极相对于同一或不同极组中的磁阻极将不对称地布置。

以类似的方式，由不对称布置产生的磁不对称性也可存在于转子中。例如，在一个转子极排中包括交替极性的永磁极，北极永磁极可在距位于南极永磁极之间的中心位置任一方向上位移，并且使所有相同极性的极基本上等距离。

20 应该指出，在本发明的描述中一个极组（极单元）可包括单个极或与激磁线圈相关的多个极。

现在将参照在附图中概要表示的多个示范实施例来详细地描述本发明。

25 图 1A 表示一个旋转电动机的第一实施例的端视图。它的定子具有在径向上对立的两个相同的极组，每个由两个对称的磁阻极及一个布置在其中的不对称永磁极组成，并设有激磁绕组。转子具有四个不对称磁阻极，图中它们处于完全吸引住的转动位置；

图 1B 是从气隙中看的电动机极排部分的展开图，它们在轴向上移开了工作位置，但其位置的彼此关系仍处于图 1A 的位置关系；

30 图 1C 表示与图 1A 相同方式的电动机，并画有定子及转子中的永磁场力线；

图 1D 是图 1 中电动机的纵向截面图；

图 1E 是类似于图 1B 的图, 但表示转子及定子极在同一轴向位置上并移动到不同的相对位置, 及还包括一个表示在定子上永磁极和转子上磁阻极之间作用的磁吸力的曲线图;

5 图 2A, 2B 及 2C 是以与图 1A, 1B 及 1C 相应的方式表示的第二实施例;

图 3A, 3B 至 12A, 12B 是与图 1A 及 1B 相应的方式表示的其它各实施例;

图 13A 至 13D 是类似于图 1B 的极组合的展开图, 它们彼此在定子永磁极的形状及布置上不同;

10 图 14A, 14B 是表示图 1A, 1B 中所示的定子磁阻极的改型的局部图。

在所有附图中, 多个径向磁化的永磁极极性是由指向磁铁北极侧的箭头表示的。

15 此外, 在附图所示的所有实施例中, 定子和/或转子极的不对称性是
这样指引的, 即转子的优选起动方向为反时针方向。

20 图 1A - 1C 中所示电动机是一个旋转电动机, 正如另外的电动机那样, 它也是有叠片铁磁材料定子 11 形式的第一电动机部分及叠片铁磁材料转子 12 形式的第二电动机部分, 转子通过如图 1D 所示的合适轴承支承轴颈使转子在定子中转动。转子的旋转轴由带标号 12A 的小圆圈来表示, 及优先的转动方向用箭头来表示 (在所有图示实施例中均为反时针方向)。

25 定子 11 具有两个在直径上对立的极组。每个极组包括两个铁磁凸极 13S, 也称为磁阻极, 这两个凸极在圆周上彼此隔开布置并在它们中间设有永磁极 14A。这些极 14A 面对转子的表面位于其中心在转子旋转轴 12A 上的圆柱表面上。

对于每个极组, 定子 11 设有绕在该极组上的一个线圈 15, 它形成共用磁化绕组的一部分。

30 在转子 12 的外侧, 绕其周边非均匀地分布着四个铁磁凸极 16A, 也称磁阻极。这些极面对定子的表面位于其中心在旋转轴 12A 上的圆柱上, 其距轴心的距离小于包含定子极面的圆柱距轴心的距离, 以使得定子极面和转子极面在它们中间形成一个空气隙 17。转子 12 的极距相应于定子 11 每极组中磁阻极 13S 的分布。

在图 1A 至 1D 所示的实施例中，定子 11 上的所有极 13S，14A 及转子 12 上的所有极 16A 位于垂直于转子轴的另一平面中，以致在旋转期间，转子上所有极转过定子上所有极并与其相互作用。当然转子可是有 5 多个以此方式布置的在轴向分开的极对组。此外，每个转子上的极可以不是位于闭合路径或绕转子圆周分布的各排中而是例如以螺旋路径布置。

在定子磁阻极 13S 上的极面在本发明所希望的意义上是磁对称的。它的重要性在于，如果转子 12 被均匀的铁磁圆柱体代替，它们包络面与转子极 16A 所在的圆柱体表面相一致，当电流被供给绕组 15 时，磁 10 场将流过定子极面下面及围绕定子极面的空气隙 17，具有作为该圆柱体相对定子的角度位置画出的沿所述铁磁面上的母线磁通密度平均值的曲线图的分布的磁场将表示如高斯曲线同一类型的对称性，即对于垂直于横座标轴的线的镜面对称。所述对称性意味着该曲线的形状与圆柱体的哪个转向规定作为正向无关。

15 另一方面，永久磁铁极 14A 是磁性非对称的，因为它们在面朝着转子转向的一侧上具有凸块 14'，所述凸块是由于在该侧上，极 14A 具有比极主部分较窄的宽度，即平行于转轴 12A 的尺寸窄引起的。具有全宽度的永久磁铁极 14A 的部分可以说是构成主极部分，而窄的凸块可以说构成辅助极部分，在图中用 14' 表示。

20 在转子 12 上的磁阻极 16A 也是以对应方式不对称的，因为它们在其导前侧或逆时针侧即指向转向的侧上设有凸块 16'（辅助极部分），它具有的宽度小于极的主部分（主极部分）。

从上述显然可看到，各极的不对称可以通过上述以外的方式来达到。替换方式的一个例子在图 1A 及图 1B 中以点划线表示。在此替换例 25 中每个极在其整个轴向及圆周方向的尺寸上具有相同的宽度，但是在极面的一侧上径向地向内偏移，因此在该侧上的气隙 17 大于极的主部分上的气隙。

图 1B 表示从气隙中看到的及转子极轴向地相对定子极组分布时的图 1A 中定子和转子的一个极对的展开图。平行的点划线 R 及 S 表示转 30 子及定子之间相对运动的方向，而垂直于平行线的点划线 L 表示定子极之间的中心线。定子及转子彼此位置关系与图 1A 中相对位置相对应，并且当电流供给绕组 15 时该转子相对于定子处于稳定的位置，以使得

磁阻极 13S 力图将转子极 16A 保持在吸引或吸住的位置上且主极部分面对着磁阻极。

当在此转子位置时电流不再供给绕组，则仅是来自于永久磁铁极 14A 的永久磁铁磁通作用在转子上，以进一步在起动位置的方向上拉转子。图 1C 表示在此位置时的永久磁铁极的磁通图形。

如图 1A - 1D 中所示，在该吸引位置中，两个转子极 16A 的辅助极部分 16'，即右上及左下转子极的辅助部分 16' 延伸到永磁极 14 的辅助极部分 14' 并最好稍微能覆盖到该辅助极部分。该永磁极和转子极的辅助极的相对位置是一个这样的位置，即在该位置上永磁极 14 施加在这些转子极上的力为或接近其最大值，并由此由永磁极 14A 施加于转子的反时针转矩为或接近其最大值，这时绕组线圈中无电流。

与此同时，另外两个转子极 16，即在上及右下转子极实质上离开永磁极 14A，以致永磁极仅对转子施加很小的顺时针转矩。

因此，由永磁极 14A 施加到转子的纯反时针转矩能有力地将转子 12 反时针方向地推离吸引位置，并使它转过相应于半个转子极距的角度，以将转子极 16A 带动到起动位置（牵入运动）。

通过转子从吸引位置到起动位置的牵入运动，每个永磁极 14A 及被其覆盖且与其相互作用的转子极之间的磁通随着极覆盖的增大而增加，由此将反时针转矩施加给转子 12，直到起动位置已到达为止。

在起动位置上，两个首先被提到的转子极 16A 中的每个在磁性上与相应的上及下永磁极 14A 对齐，转子极 16A 前端的辅助极部分 16' 的一部分在反时针方向上延伸到永磁极，而转子极的尾端被定位在永磁极的辅助极部分 14' 的对面。这被表示在图 1E 中。

图 1E 还包括一个说明图 1A 至 1D 中电动机示范实施例的曲线图，它表示在从吸引位置到起动位置的牵入运动期间在永磁极 14 与转子磁阻极 16 之间作用的牵入力相对转子磁阻极 16 的前端 16'' 的覆盖位置的函数关系。在图 1E 的右手部分中转子磁阻极 16A 的吸引位置以点划线表示。

该曲线图表示对于永磁极 14A 的辅助极部分 14' 与在吸引位置中的转子磁阻极 16A 的辅助极部分 16' 之间的不同覆盖量（正和负）的作用于转子磁阻极 16 上的牵入力。

从图 1E 可清楚地看到，如果在吸引位置上覆盖为 -1mm，即如果磁

阻极 16 的前端 16" 在负方向或顺时针方向上离永磁极 1mm 的距离，索入力很小。如果前端 16" 在辅助极部分 14' 端部的对面（零覆盖），牵入力显著地变大，而对于约 1mm 的正覆盖，作用在辅助极部分 16' 上的牵引力为或接近其最大值，在这里它为约 1mm 的负覆盖时的牵入力的三至四倍。与其中仅是转子磁阻极不对称的情况、即如在 WO 92/12567 中公开的电动机中的情况相比较，定子永磁极 14 的不对称与转子磁阻极的不对称相结合将引起牵入力初始值的显著增加。这种牵入力的增大使根据本发明的电动机的应用范围展宽。

从图 1E 可清楚地看到，在牵入运动期间随覆盖的逐渐增大，在牵入运动的第一位置期间，即直到主极部分被覆盖前牵入力近似保持恒定。当持续进行牵入运动时，牵入力将首先增大及随磁阻极 16A 到达起动位置期间牵入力逐渐下降到零。

此外，图 1E 表示，当转子磁阻极 16A 从吸引位置到起动位置的反时针方向牵入运动期间，永磁极 14A 将在一段圆周距离上对转子磁阻极施加显著的吸引力，该圆周距离大于永磁极 14A 的圆周尺寸：从前端 16" 在永磁极 14A 的辅助极部分 14' 的端部 14" 的对面或在顺时针方向上稍微离开端部 14" 一直到前端 16" 正好过了永磁极的点。

当在该起动位置上绕组线圈 15 再被激励时，所有四个转子极 16A 的辅助极部分 16' 因此将接近从转子转向上看它在它前方的定子磁阻极 13S。另一方面，每个转子极的后端已显著地在其后方离开了定子磁阻极。在定子磁阻极 13S 与转子磁阻极 16A 的前端 16" 之间在反时针方向上的磁吸力与由下一定子磁阻极（即该转子极后面的定子磁阻极）施加在该同一转子极后端上的顺时针方向的磁吸力相比占极大的优势。

因此，由定子磁阻极 13S 施加在转子上的纯转矩将作用在反时针方向上并将大得足以能使转子抵抗可观的负载而起动，并且，作为绕组线圈激磁的后果而产生的磁通将抵抗由永磁极 14A 产生的磁通，由此使永磁极实质上不能阻碍从起动位置开始的运动。

对于另外图中所示的各实施例仅在它们与图 1A - 1D 所示实施例不同的范围上作出说明。在所有的实施例中将使用相同的标号，并用后缀 A 或 S 来指示是不对称或对称的。除非另有陈述，对于磁极的“对称”及“不对称”乃涉及它们的磁对称或磁不对称性，而非它们的几何对称或几何不对称性（它们可能对应于或不对应于磁对称或磁不对称）。

图 2A - 2C 中的电动机不同于图 1A - 1C 中的电动机仅在于定子极。更具体地，每个定子极组中一个定子磁阻极 13A 磁不对称地设有一个辅助极 13'，其类型与转子极 16A 上的辅助极 16' 相同，而另外的磁阻极 13S 及永磁极 14S 是磁对称的。当绕组线圈被激励及转子极在起动位置中时辅助极部分 13' 增强了上述辅助转子极部分 16' 的作用。

图 3A， 3B 中的电动机与图 1A - 1C 中的电动机其区别也仅在于定子极。在此情况下，每个定子极组中的定子磁阻极 13A 及 13S 与图 2A、 2B 中的相同，也即一个极是对称的，另一极是不对称的。但是，永磁极 14A 不对称地设有与转子辅助极 16' 类型相同的辅助极 14'，并且不对称的方向与定子磁阻极 13A 的不对称方向相同。因此，在该电动机的所有三种极中均存在不对称性。

图 2A， 2B 及 3A， 3B 以及后面的一些附图表示某种类型、或是磁阻极或是永磁极类型中的所有极在一个极组中不一定需要在其对称或不对称性上是相同种类的。这对于所有实施例均适用。

图 4A， 4B 中的电动机就定子而论具有两个对称的定子磁阻极 13S 及在每极组中具有一个非对称的定子永磁极 14A，因此它与图 1A - 1C 中的电动机相一致。但是，在此情况下，其转子 12C 被设计得不同于以上实施例中的转子 12，部分地因为它仅具有永磁极 18AN 及 18AS，即具有面向同一方向的辅助极 18' 的永磁极，及部分地因为这些永磁极在转子体圆周上是无间隔地布置的，相邻的各极分别具有相反的极性，即 N 和 S。

在图 5A， 5B 的电动机中，每个定子极组仅有两个磁阻极，即对称的磁阻极 13S，及定子 11 上缺少永磁极。转子 12C 类似于图 4A， 4B 中的转子，所不同的是永磁极 18AN， 18AS 的形状有些小区别。

在图 6A、 6B 的电动机中，如在图 2A - 2B 中的电动机那样，定子极组分别具有一个不对称及一个对称的磁阻极 13A 和 13B，并组合有一个对称的永磁极 14S，而转子 14C 是和图 4A， 4B 中的转子相同的。

在图 7A， 7B 的电动机中具有与图 3A， 3B 和电动机中相同类型的定子极组，即，分别具有一个不对称的及一个对称的磁阻极 13A 和 13S，和一个不对称的永磁极 14A，而转子 12C 是与图 4A， 4B 及 6A， 6B 中相同的设计。

图 8A、 8B 中的电动机的定子极组仅具有不对称的磁阻极 13A 及

由此无永磁极，而转子非常类似于图 4A、4B 和 6A、6B 中的转子。

在图 9A、9B 的电动机中，使用的定子极组是有相应于图 7A、7B 的电动机中定子极的组合，即一个不对称的磁阻极 13A，一个对称的磁阻极 13S 及一个不对称的永磁极 14A，以及在转子上极性交替的对称永
5 磁极 18SN，18SS。

类似于图 8A、8B 的电动机，图 10A、10B 中的电动机具有仅为磁阻极的定子极组，即带有较长辅助极 13' 的不对称磁阻极 13A。如图 9A、9B 的电动机中的那样，转子 12C 仅具有磁对称的永磁极 18SN、18SS，但在此情况下具有部分弯曲的边缘。

10 图 11A、11B 表示一种电动机，其中转子 12D 组装了图 1A 至 1D 中的转子 12C，所不同的是它设有三个不对称的磁阻极 16A。在此情况下，定子 11D 是圆形的并仅设有永磁极，即两个在直径上对立的不对称永磁极 14AN、14AS 的极组，每极组包括两个隔开的交替极性 N 和 S 的极，其极距为转子极距的一半。此外，在该电动机中，绕组线圈 15D
15 用交替极性的电流脉冲供电。该绕组线圈不同于前面实施例中绕组线圈的地方在于，它们是被局部环形地围绕定子绕制的。

在本发明的范围内还可有定子极和转子极的另外组合。除了上面图解及描述的极结构外，下表包括落在本发明范围内的极结构例。

I. 在定子上的对称磁阻极

20 A. 在定子上不对称的永磁极（对称或不对称地布置）

1. 转子上的磁阻极

a. 不对称磁阻极

图 1

b. 对称磁阻极

...

2. 转子上永磁极

25 a. 不对称永磁极（以对称或不对称的排布置） 图 4

b. 对称永磁极（以对称或不对称的排布置）

B. 对称的永磁极（在定子上不对称地布置）

1. 转子上的磁阻极

a. 不对称磁阻极

图 12

b. 对称磁阻极

30 C. 在定子上无永磁极

1. 转子上的永磁极

a.不对称永磁极

b.以不对称极排布置的对称永磁极

II.定子上不对称磁阻极

A.在定子上对称的永磁极

5

1.转子上的磁阻极

a.不对称磁阻极

图 2

b.对称磁阻极

...

2.转子上的永磁极

a.不对称永磁极

图 6

10

B 定子上的不对称永磁极

1.不对称磁阻极

a.不对称磁阻极

图 3

b.对称磁阻极

...

2.转子上的永磁极

15

a.不对称永磁极

图 7

b.对称永磁极

图 9

C.在定子上无永磁极

1.转子上的永磁极

a.不对称永磁极（以对称或不对称极排布置）

图 8

20

b.对称永磁极（以对称或不对称极排布置）

图 10

III.仅在定子上有对称永磁极

A.以对称极排布置的定子极

1.转子上的磁阻极

a.不对称磁阻极

25

B.以不对称极排布置的定子极

1.转子上的磁阻极

a.不对称的磁阻极

b.对称的磁阻极

IV.在定子上的不对称永磁极

30

A.以对称极排布置的定子极

1.转子上的磁阻极

a.不对称磁阻极

图 11

b.对称磁阻极

B.以不对称极排布置的定子极

1.转子上的磁阻极

a.不对称磁阻极

b.对称磁阻极

5

图 12A 及 12B 表示一个也在本发明范围内的电动机。所有各电极，在定子上及在转子上的两部分电极是磁对称的。在该电动机中，本发明的目的不是由定子极组内的磁不对称性来达到的，而是通过极组的对称磁阻极对之间的对称永磁极的不对称定位来达到的。由于在转子上也设有对称磁阻极，故图 12A、12B 中所示的电动机也被视为属于上述分类中的类型 I.B,1.b。

更具体地，图 12A，12B 中所示电动机包括具有类似于图 1A 至 1D 中所示的磁阻电极 13S 的定子 11。转子 12 也类似于图 1A 至 1D 中的转子，所不同的是它的极 16 在其前端及在其后端均设有辅助极部分 16'，这些辅助极部分在圆周上具有较小尺寸。

每个极组包括矩形的磁对称永磁极 14，它们以不对称方式或偏离中心位置地布置在两个磁阻极 13S 中一个的附近。这两个永磁极 14 被连接在一个包括杆 21 的公共致动机构 20 上。在电动机工作时，永磁极 14 固定在选择偏中心位置上，但通过杆 21 从图 12A 中实线所示的位置向下移，永磁极 14 将在圆周上从图示偏中心位置移到相应的一个偏中心位置（在图 12A、1B 以点划线表示），即接近于另一定子磁阻极 13S，以使转子优先转动的转向反向。

转子 12 被表示为它的极 16 在吸引或吸住的位置上。在该位置上，在两个转子极即左上极及右下极的后端（假定转子反时针转动）的辅助极部分 16' 紧接近于每个永磁极 14 的一端，并最好在每个永磁极和邻近的一个这样的转子极之间稍有覆盖。每个永磁极 14 的另一侧及另一相邻转子极明显地离开。

因此，在图示的吸引转子位置上，每个永磁极 14 及它前面的转子极之间的磁吸力 - 从转子转向上来看 - 与该永磁极及它后面的转子极之间的磁吸力相比占主要优势。当绕组线圈 15 中的电流被关断及转子在图示位置时，永磁极 14 因此将转子顺时针方向地拉到起动位置。

在起动位置上，两转子极 16 前端的辅助极部分 16' 将紧接近于并最

好稍与它们前面的两定子磁阻极 13S 相覆盖。当绕组线圈 15 再被激励时，如上面参考图 1A 至 1E 所描述的，这些磁阻极因此能在反时针方向上有力地将转子从起动位置推开。

5 图 13A 至 13D 是相应于图 1B、2B、3B 等的图，并用于进一步说明在定子上的一对磁阻极之间的永磁极的磁对称及磁不对称定位的概念。这四个图表示四个不同形状的永磁极以及定子和转子磁阻极的组合，后者在所有图中相同并类似于图 1A 及 1B 中的组合。所有四个图表示在起动位置中的转子磁阻极 16A，它们在磁性上与永磁极 14S（图 13A）或 14A（图 13B 至 13D）对齐，与定子极组相关的绕组中无电

10 流。

在该起动位置上，由永磁极 14S、14A 作用于转子磁阻极 16 的力在圆周方向上为零，但响应于转子极偏离对齐位置的任何偏差，永磁极与转子极之间的吸力将形成一圆周力分量，力图使转子极回到起动位置。

15 在图 13A 中，为了比较起见，包括并表示出一个相应于 WO 92/12567 中所示的对称极结构，永磁极 14S 完全与转子磁阻极 16 的主极部分 16A 覆盖。图 13B - 13D 表示根据本发明不同定子极结构，它们由于永磁极的不对称形状（图 13B - D）和/或由于其不对称定位（图 13D）而不对称。

20 在图 13D 中，由极 13S 及 14A 组成的定子极组由于永磁极 14 的极不对称及由于该极稍微不对称的定位（偏左定子磁阻极 13S）而不对称，结果是两个定子磁阻极 13S 之间的转子磁阻极 16A 稍微不对称的对齐位置。因此，当转子极 16A 从它与右定子磁阻极磁性对齐的位置移到它与永磁极 14A 磁性对齐的位置时它所横移的距离较大于它从上述位置移

25 到它与左磁阻极 13S 磁性对齐的位置所横移的距离。

虽然在附图中未表示由于极不对称定位产生的转子上磁不对称性，且单独地或与单个极的不对称性相组合，这种在定子-转子极系统中的不对称也是可能的。例如，在图 4A，4B 至图 10A、10B 所示类型的转子中，一个极性的永磁极与另一极性的永磁极相交替，一个极性的

30 永磁极可以集体地在任一圆周方向上从另一极性的相邻永磁极之间的中心位置移开，在每组同极性极内的极仍是实际上均匀分隔的。

在附图中所示的所有实施例中，定子及转子均由薄的电钢片叠成，

如图 1D 中所示（这里为了清楚地表示，片厚度大大地夸大了）。

在形成定子磁阻极 13S 或 13A 的片部分中，每第二个定子片 11A 稍微减短些，以致面向气隙 17 的弧形片边缘 11B 相对其相邻片径向偏外，见图 1A 及图 1D 的下部分。换言之，仅是每第二片 11C 伸到气隙 17 中，而中间的片 11A 的端部未达到气隙 17。类似的磁阻极设计可以被设置在所有这些其中定子及转子均设有磁阻极的电动机的定子和/或转子中。

在磁阻极的极面上其叠片变薄用于保证：当转子磁阻极转过定子磁阻极时所产生的定子及转子磁阻极之间气隙中磁通的变化将正比于极覆盖区域的改变。换言之，它们用于保证，只要磁通的变化未被磁路各区域中磁饱和的限制极覆盖区域的磁通密度基本保持恒定，以使得由各级相互作用产生的转矩尽可能地均匀。

在磁方面，磁阻极部分每第二片的缩短或降低使整个极面上饱和磁通密度的平均值降低 50 %，用于降低叠片组中磁感应的摆动（在电动机工作周期上磁通密度变化的间隔），该摆动将使铁耗的主要部分增大。

图 14A 及 14B 表示使极面上磁阻极变薄的改型技术。该改型技术适用于在升高工作频率下运行的电动机，它不限制在上述单相电动机上，而通常可用于所有在定子及转子上设有磁阻极的电动机上。例如，在 WO 90/02437 及 WO 92/12567 中所公开类型的电动机可具有根据该改型技术设计的定子和/或转子的磁阻极。

增加电动机速度需要增大供给电动机的电流的工作频率。但是增大工作频率伴随着增加铁耗。一种避免铁耗增加的技术在于使用更薄的叠片，但是如果片厚减小了，将难于或不能使用自动生产设备。另一技术是使每三片中的两片缩短或降低。但该技术在大多数情况下不能使人满意。

本发明的目的也在于提供一种磁阻极设计，它适于工作在升高的频率上，而不需采用上述的技术。

根据本发明的这一方面，在增加工作频率时感应摆动的所需减小在图 1A - 1D 的磁阻极类型中是通过在那些叠片中设置延伸到气隙的槽来达到的，这些槽缩小了极中出现在磁通中的叠片横截区域，由此有助于使极在极面上变为磁饱和的磁通密度下降。

这些槽需在叠片整个横截面上基本上均匀分布。对它们可能采用孔即未通到气隙的开口的形式或采用与气隙相通 - 最好经由窄通道的形式。宽通道是不理想的, 因为它们增大了电动机其它部分磁阻极面中的涡流。

- 5 在图 14A 及 14B 中, 示范地表示出用于图 1A - 1D 中所示电动机定子磁阻极的改型, 即用于上定子极组中右面的定子磁阻极。图 14A 表示一个叠片 11A 缩短后的磁阻极部分, 而图 14B 表示相邻叠片 11C 的整长度磁阻极部分。在接近气隙 17 的区域中, 该部分设有三个长孔形状的槽 11D, 它们具有闭合轮廓线并由此来与面向气隙的弧形边缘 11E 连通。这三个槽沿弧形边缘的长度上均匀分布。

当设计叠片带槽部分时, 以下的经验公式将是有助的:

$$\Delta B_2 = \Delta B_1 (f_1 / f_2)^{1/1.2}$$

- 15 在该式中, ΔB 及 f 分别表示磁感应的摆动量及工作频率, 下标 1 及 2 表示两种不同的工作状态。由该式可立刻明白, 增大工作频率而不改变铁耗则要求降低磁感应摆动值, 该值小于直接正比于工作频率的增加。例如, 工作频率两倍时为保证铁耗不变需要使磁感应摆动值下降到先前值的 56 %。在增高频率时可以变为调整铁耗及铜耗, 以使它们变为接近等于产生转矩的最佳值。因此, 磁通密度可选择高于相应于不改变铁耗时的磁通密度。

- 20 虽然上述在铁片中设槽降低了磁阻极面上的饱和磁通密度, 但对于同样尺寸的电动机将达到气隙功率的实际增大, 因为电动机速度的增加大于电动机转矩必需的下降。当然, 根据上述原理叠片的磁阻极部分的设槽可应用于具有如图 1D 及 14B 中对于叠片 11C 所示的所有片伸到气隙中的磁阻极部分的电动机。如果需要, 对于相邻的叠片可设不同的槽。

替换实施例

以下的替换电动机例由设绕组的极组装配成并可构型为旋转或线性电动机。

旋转电动机可具有:

- 30 1. 圆柱形、圆锥形、盘形等的气隙表面, 原则上可以是绕一固定轴旋转的母线可描出的任何形状的表面。
2. 外转子。

3. 定子极数与转子极数之差可为任意数，例如在分段定子的情况下。

4. 在设有圆柱气隙面及内转子的电动机中，可设置多个极组并使得它们由电钢叠片一起连接在同一平面中（如附图中所示实施例）。电动机可由多个沿共同转轴的这种“电动机盘”组成。

这些盘可另外设计成不具有独自的闭合磁路，而是通过辅助导向的磁通路径连接的。这种设计的例子可在 WO 90/02437 中发现。“电动机盘”可由用于例如两个“电动机盘”的公用线圈来激磁。

5. 对于“电动机盘”之间轴向磁通连接的电动机，绕组可由围绕转轴的圆柱线圈组成（这种结构的例子被表示在 WO 90/02437 中）。例如在此情况下，旋转部分可包括本来是静止的极类型，反之亦然。

6. 其中定子不同时具有磁阻极及永磁极并由此仅具有一种极类型的电动机，可以在本发明的范围内通过将定子极与转子极交换位置来改型。这种情况的例子为图 5A、5B、8A、8B 及 10A、10B 中的电动机。在这些电动机中，定子上的磁阻极可用相应于转子上永磁极的永磁极来代替，而转子上的永磁极可用相应于定子上磁阻极的磁阻极来代替。图 11A、11B 表示图 8A、8B 中电动机的改型。

7. 电动机中极的形状和/或分布，例如对磁阻极可这样地选择，使得由定子及转子之间磁力的改变产生的噪音及振动尽可能降低。这种类型公知措施的例子是弯曲的极边缘或沿转子周面极的稍微不均匀分布，或在定子极组及转子极组的极距之间有某些差别。各种措施也可组合使用。

8. 在定子每极组是有两个或其它偶数的磁阻极数目且无定子永磁极的电动机中，在图示实施例中在极组中间部分延伸的软磁定子磁轭部分可被除去，而不会影响电动机的磁作用。所述定子磁轭作为隔架的机械功能可由非磁性隔架装置来代替。

9. 可以理解，图 1 至 12 所示的用于磁化极组的线圈可以不同地布置，例如用围绕极组间磁轭的变压器或线圈，或用如图 11A 所示的线圈。定子磁轭也可被分开，由此能使用预绕制的线圈。也可在小型电动机中经济有利地用设有双横截面的单磁轭来代替将两极组连在一起的两个磁轭，并在该单磁轭上绕有单个线圈。这种布置在小型隐极电动机及直流电机中是公知的。

10.为了能在电动机中仅使用单个电子开关器件来提供单极性的电流脉冲，借助于并列于工作绕组的反馈绕组可将磁场能返回到 DC 电源，如 WO 90/02437 中所述的。

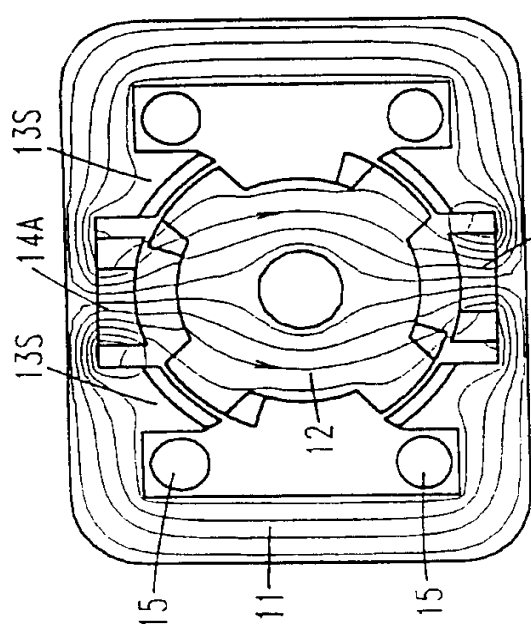


图 1C

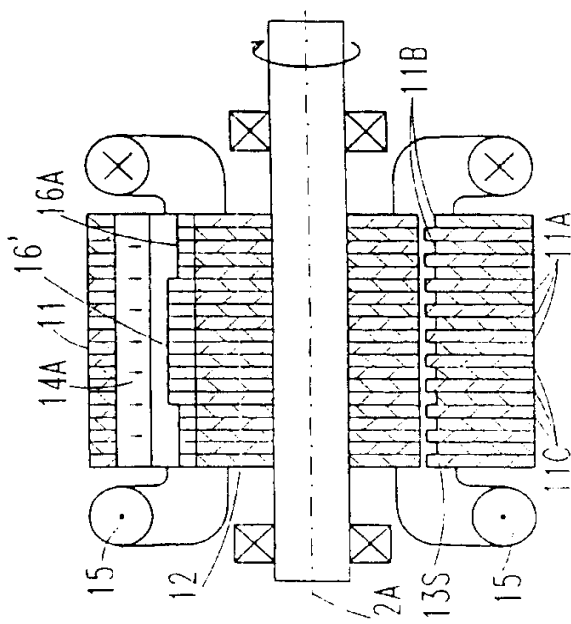


图 1D

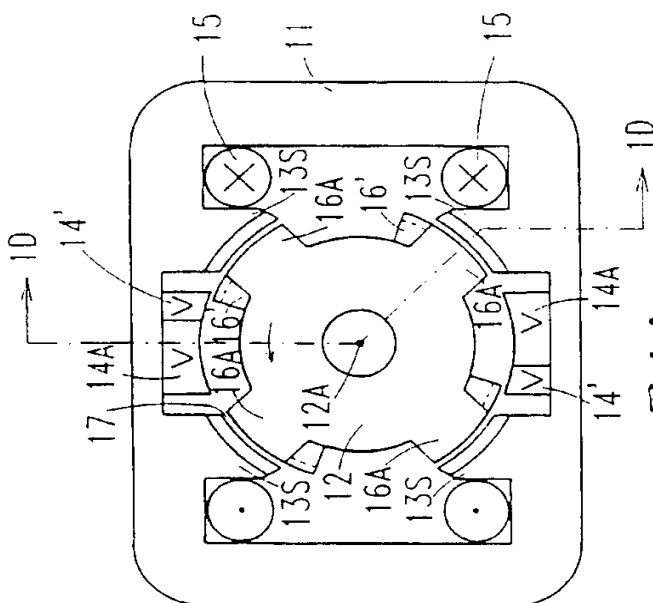


图 1A

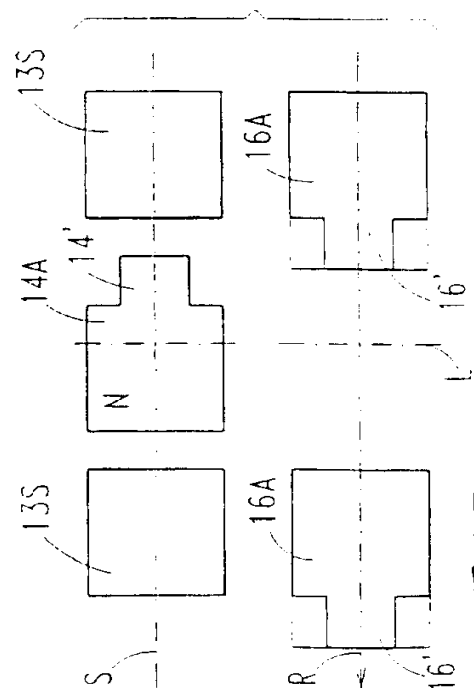


图 1B



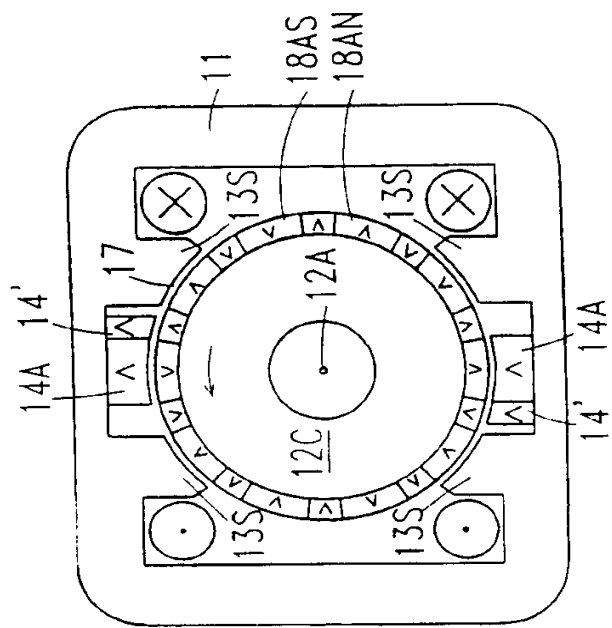


图 4 A

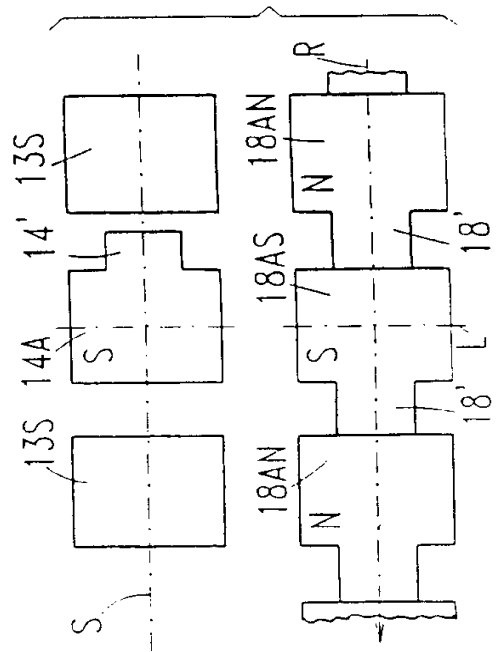


图 4 B

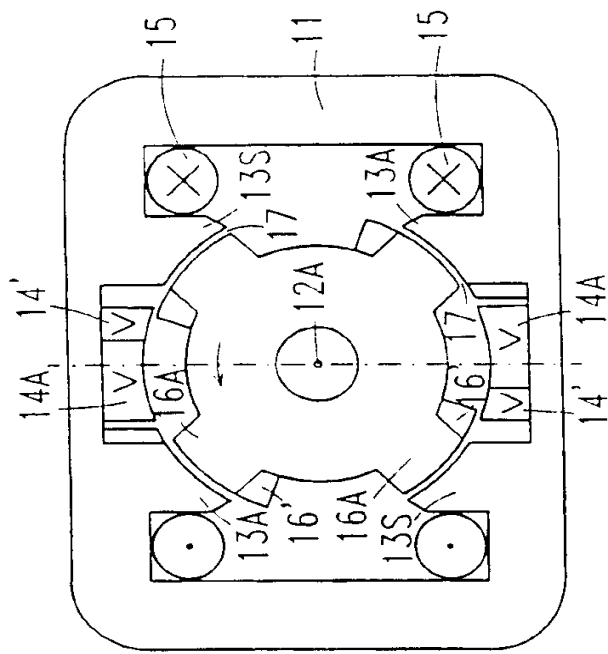


图 3 A

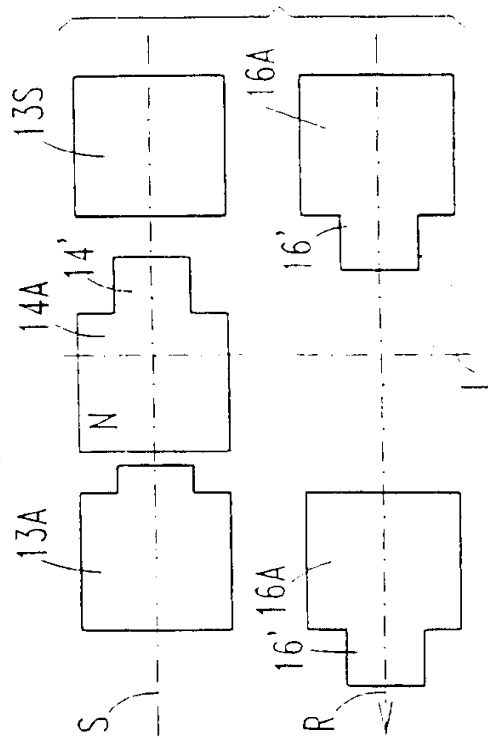


图 3 B

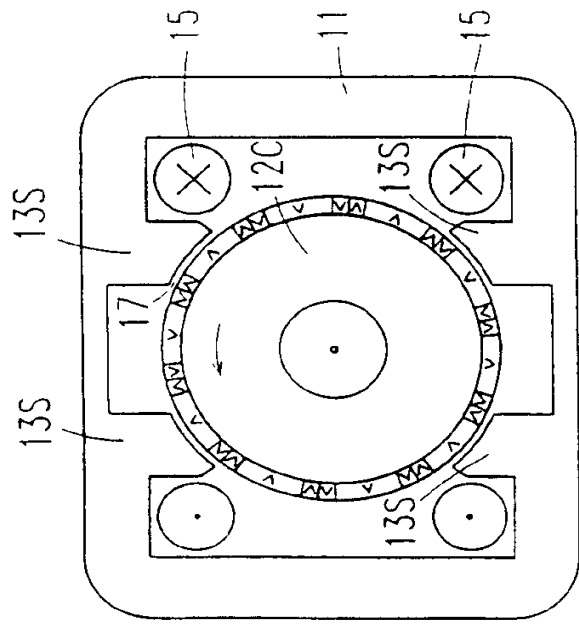


图 5 A

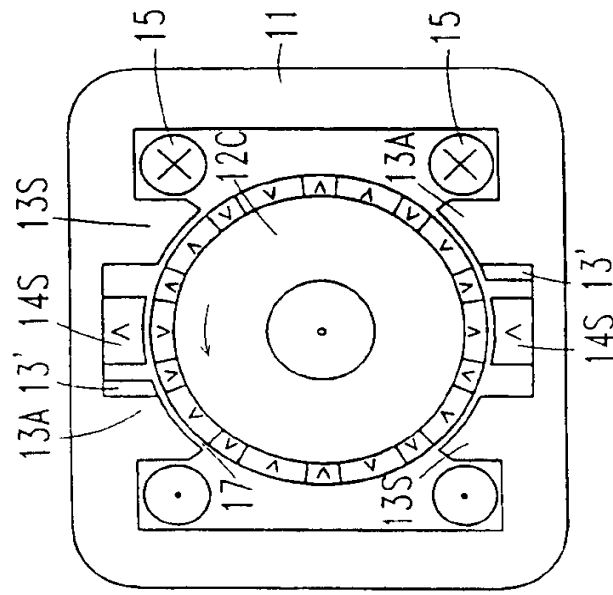


图 6 A

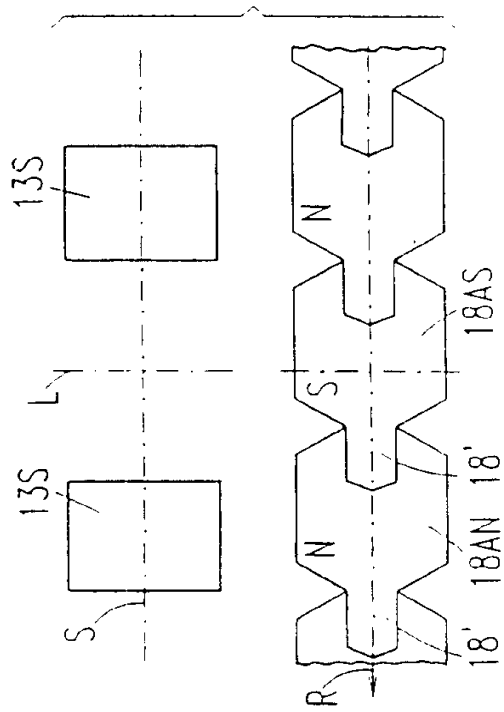


图 5 B

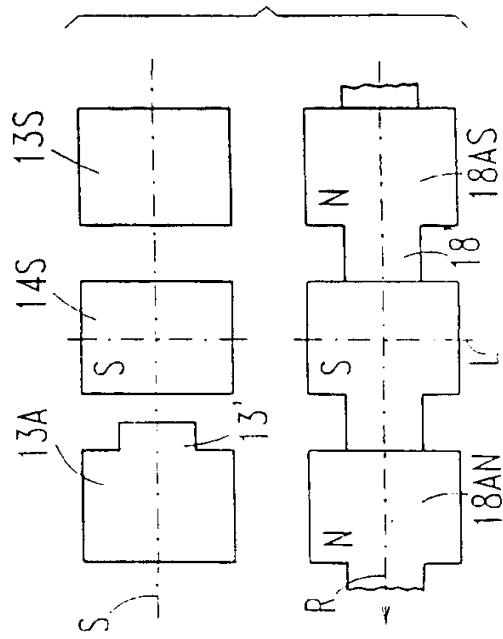


图 6 B

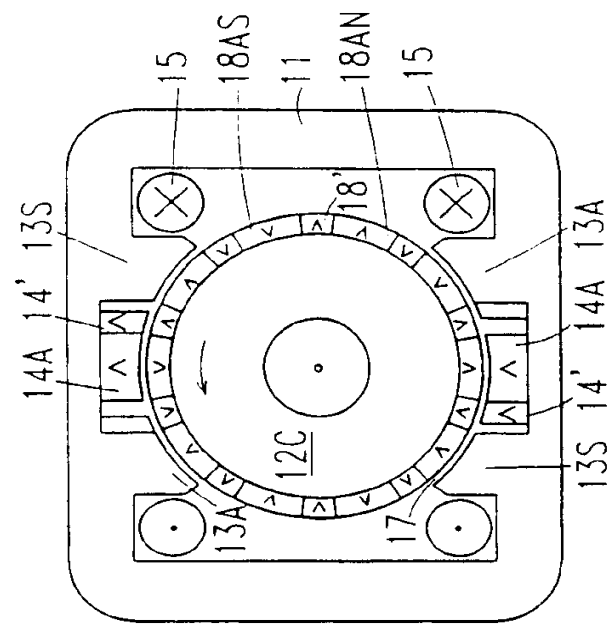


图 7 A

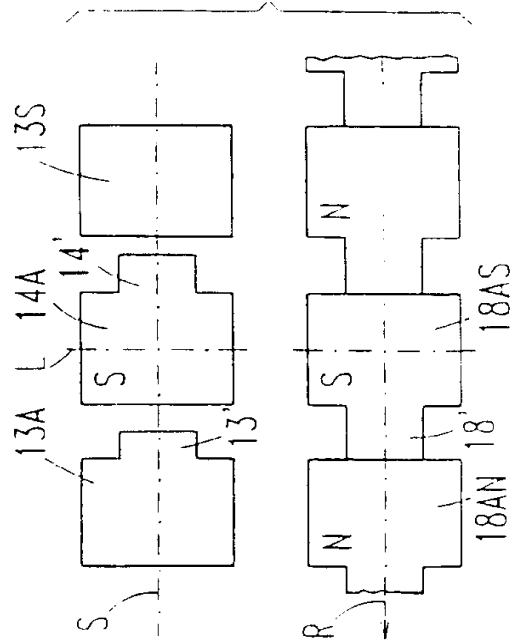


图 7 B

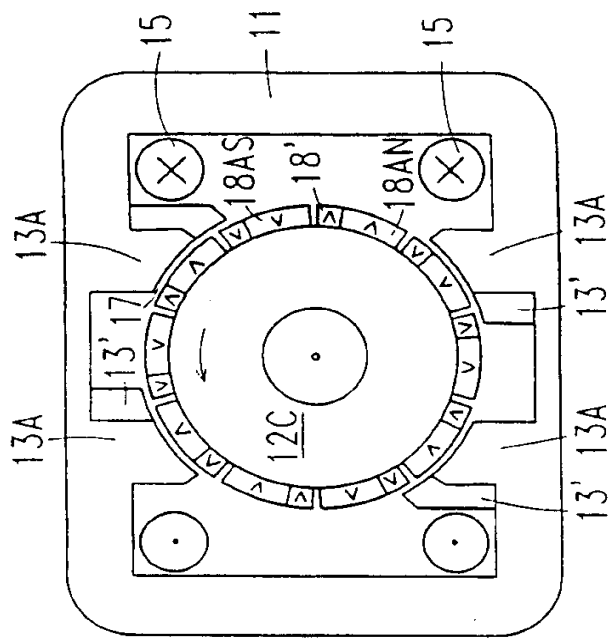


图 8 A

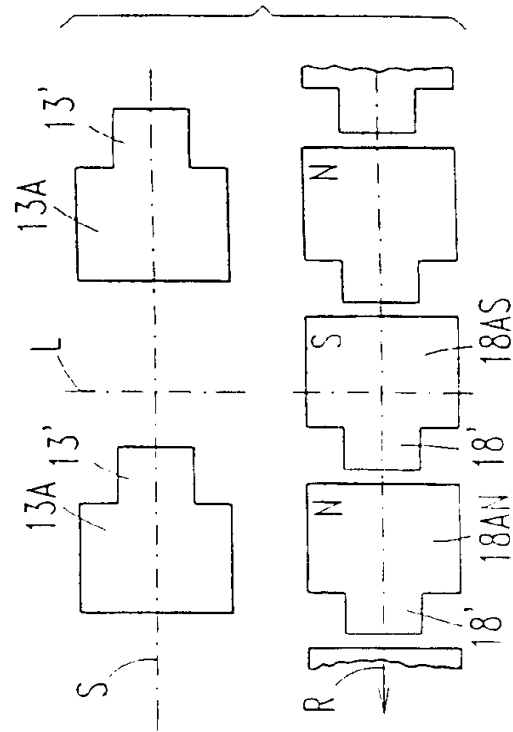


图 8 B

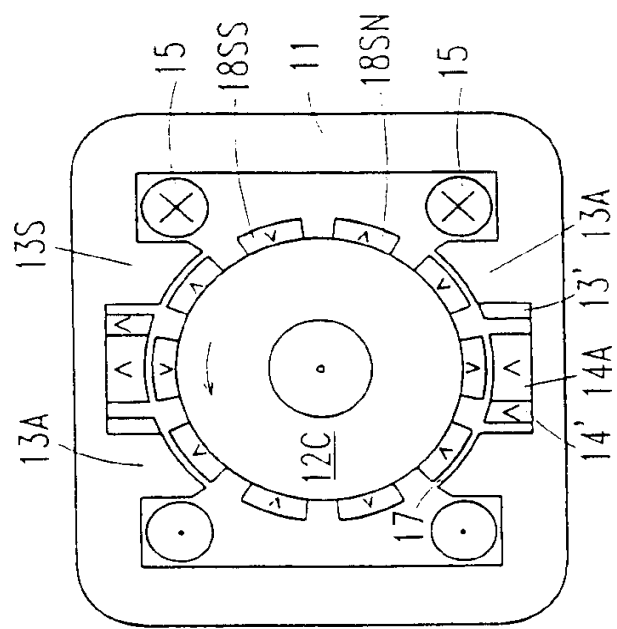


图 9 A

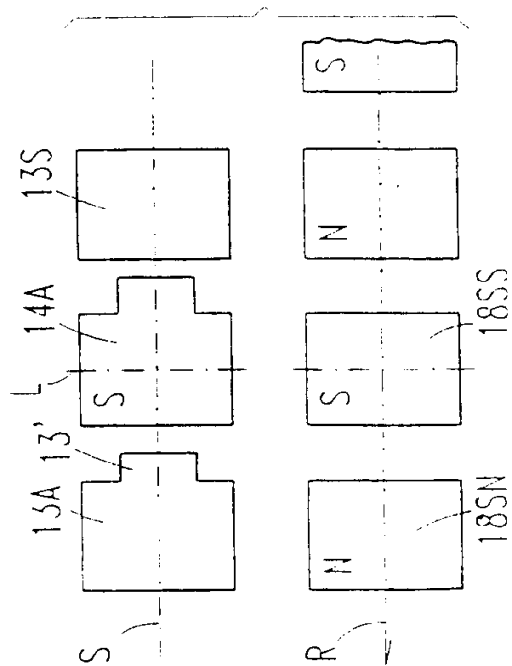


图 9 B

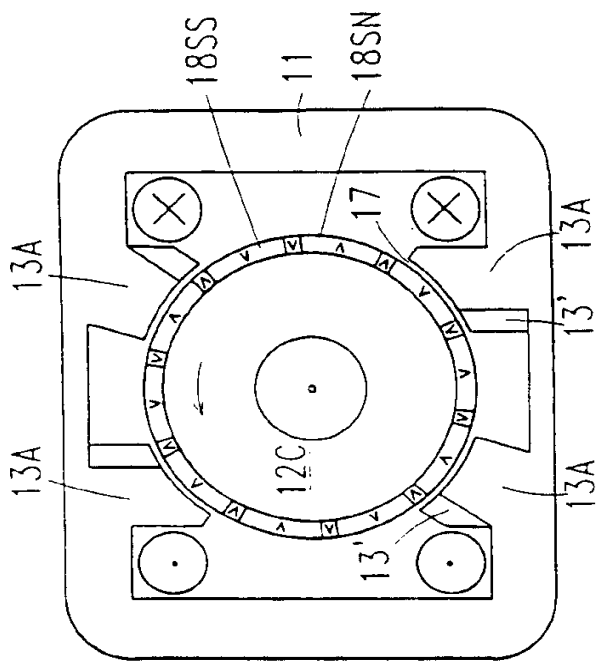


图 10 A

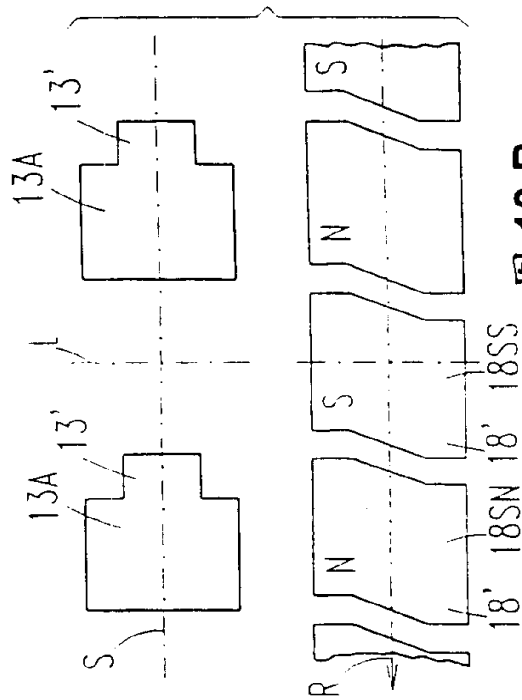


图 10 B

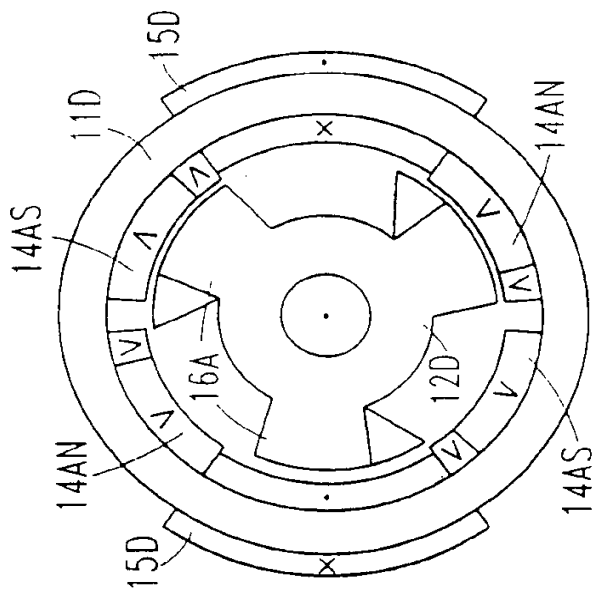


图 11 A

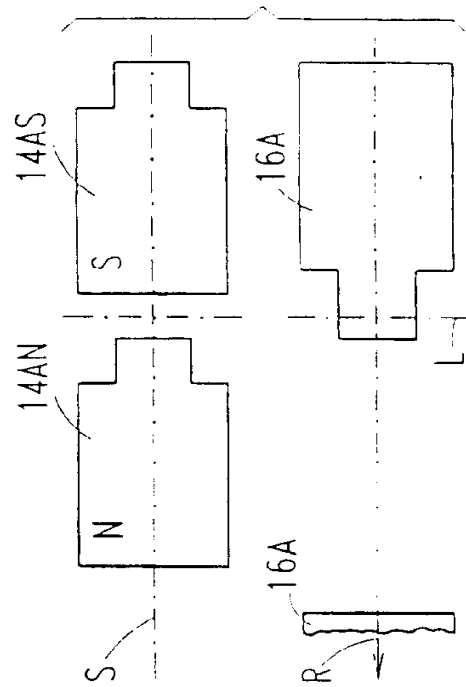


图 11 B

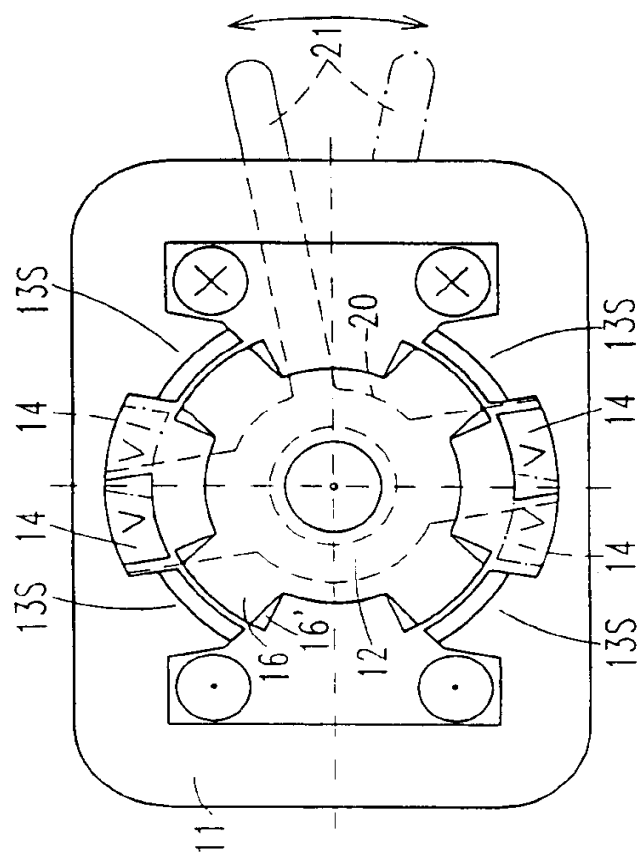


图 12 A

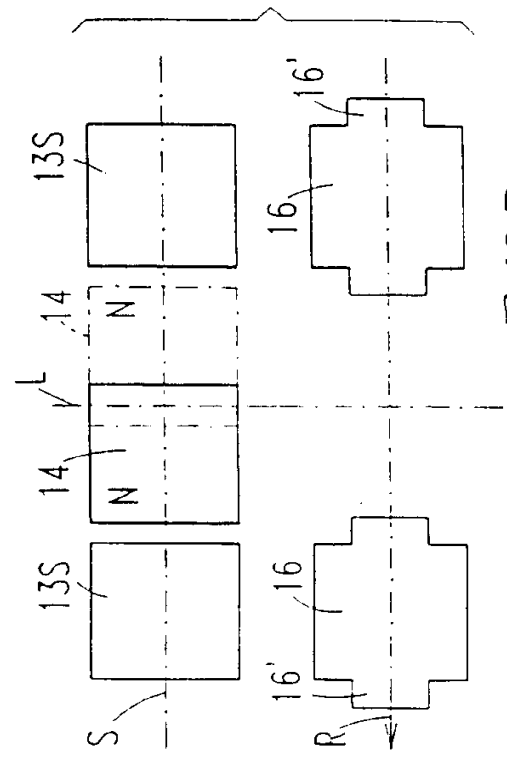


图 12 B

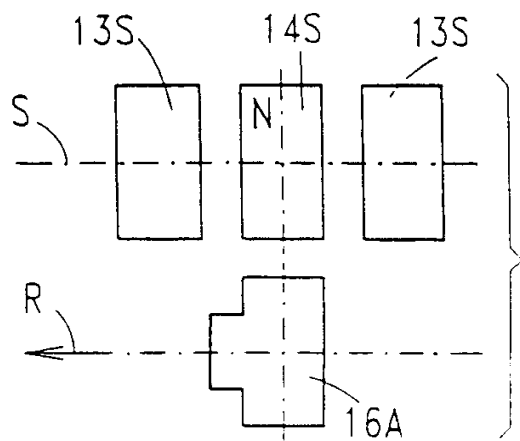


图 13 A

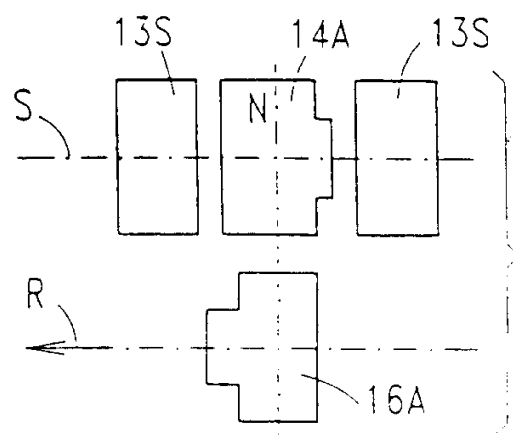


图 13 B

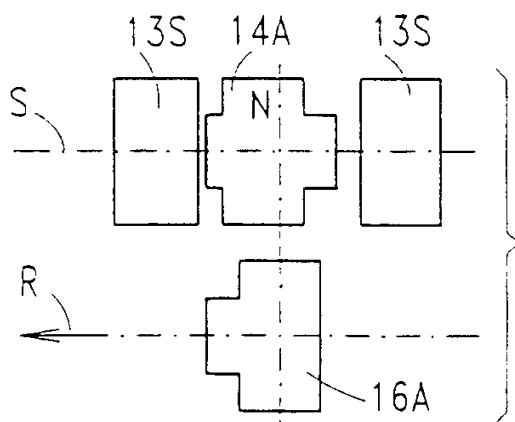


图 13 C

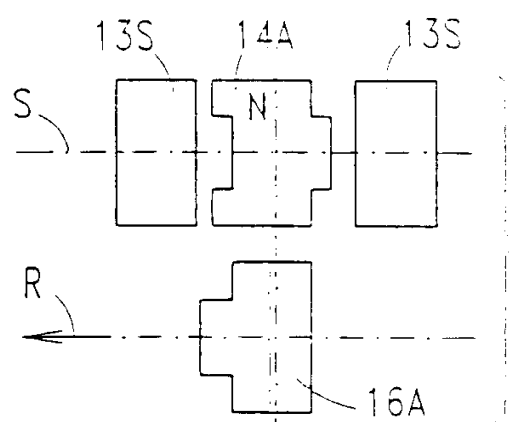


图 13 D

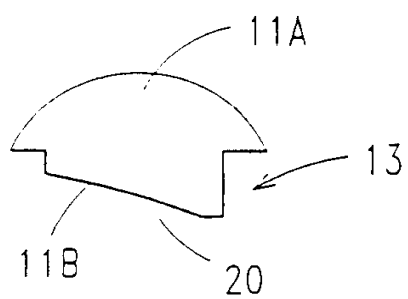


图 14 A

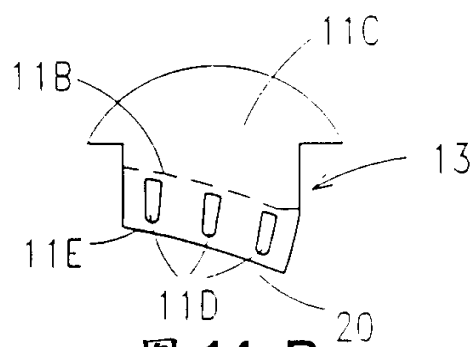


图 14 B