



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101573859 B

(45) 授权公告日 2013. 03. 13

(21) 申请号 200780048416. 9

(22) 申请日 2007. 12. 26

(30) 优先权数据

60/877, 373 2006. 12. 28 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2009. 06. 26

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2007/026312 2007. 12. 26

(87) PCT申请的公布数据

W02008/085466 EN 2008. 07. 17

(73) 专利权人 雷斯梅德电动科技有限公司

地址 美国加利福尼亚

(72) 发明人 铃木弘志 彼得·杰弗雷·托马斯

(74) 专利代理机构 北京金信立方知识产权代理有限公司 11225

代理人 黄威 张彬

(51) Int. Cl.

H02K 15/06 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1072047 A, 1993. 05. 12, 说明书第 6-8 页、第 9-10 页、第 12 页、图 2 至图 8、图 15.

US 3831267 A, 1974. 08. 27, 说明书第 4 栏、图 6 至图 8.

W0 81/01919 A1, 1981. 07. 09, 全文.

US 5619085 A, 1997. 04. 08, 说明书第 14 栏、图 11 至图 12、图 21.

CN 1864315 A, 2006. 11. 15, 全文.

W0 2004/045048 A1, 2004. 05. 27, 全文.

审查员 查洁立

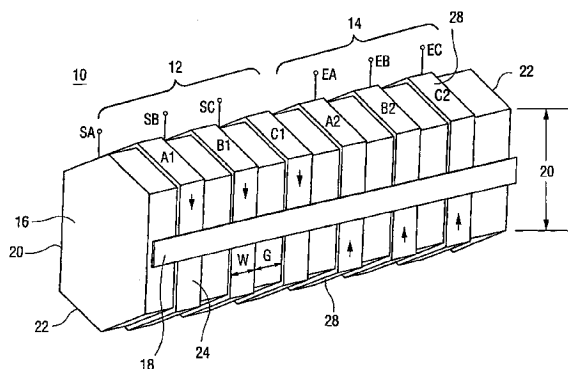
权利要求书 4 页 说明书 10 页 附图 20 页

(54) 发明名称

电动机的无槽定子的线圈缠绕方法和结构

(57) 摘要

一种形成无槽定子的励磁绕组的方法, 包括: 通过绕心轴螺旋地缠绕每个线圈绕组的绝缘电线使得电线的每匝邻近电线的下一匝而形成第一线圈组; 在形成所述第一线圈组之后, 从每个线圈绕组的尾端沿着心轴轴向地移动绝缘电线以将电线定位在第二线圈组中的每个线圈绕组的首端处; 通过绕心轴螺旋地缠绕每个线圈绕组的绝缘电线形成第二线圈组; 将心轴从缠绕的第一和第二线圈组中移除; 将缠绕的线圈组折叠成单层卷筒以使得线圈绕组段交叉; 并且将卷筒卷绕成圆筒以形成励磁绕组。



1. 一种制造用于无槽定子的三相励磁绕组的方法,所述三相励磁绕组包括设置在第一线圈组和第二线圈组中的多个线圈绕组,所述方法包括:

通过绕心轴缠绕每个线圈绕组的绝缘电线使得所述电线的每匝邻近所述电线的下一匝而形成所述第一线圈组,其中在所述第一线圈组中的每个线圈绕组在完成时具有基本相同的线圈宽度,并且在所述第一线圈组中的邻近的线圈绕组之间的间隔为基本上等于完成绕组中的一个的宽度的距离;

在形成所述第一线圈组之后,从每个线圈绕组的尾端起沿着所述心轴轴向地移动所述绝缘电线一定的距离以将所述电线定位在所述第二线圈组中的每个线圈绕组的首端处,所述距离基本上等于所述完成绕组中的一个的宽度的五倍;

通过绕心轴缠绕每个线圈绕组的绝缘电线使得所述电线的每匝邻近所述电线的下一匝而形成所述第二线圈组,其中在所述第二线圈组和所述第一线圈组中的每个线圈绕组在完成时具有基本相同的线圈宽度,并且其中在所述第二线圈组中的邻近的线圈绕组之间的间隔为基本上等于完成绕组中的一个的宽度的距离;

将所述心轴从缠绕的第一和第二线圈组中移除;

将所述缠绕的第一线圈组和第二线圈组折叠成单层卷筒使得来自于所述第一线圈组的一个或多个线圈绕组段交叉在所述第二线圈组的线圈绕组段之间,以及

将所述单层卷筒卷绕成圆筒以形成所述励磁绕组。

2. 根据权利要求1所述的方法,进一步包括将所述圆筒安装在环形磁通回环的内表面上。

3. 根据权利要求1所述的方法,其中在所述卷筒中交叉的线圈绕组段包括由同一绝缘电线绕制的分别来自第一线圈组和第二线圈组的线圈绕组的成对邻近的线圈绕组段。

4. 根据权利要求3所述的方法,其中卷绕所述卷筒将由同一绝缘电线绕制的分别来自第一线圈组和第二线圈组的线圈绕组的成对邻近的线圈绕组段定位在所述圆筒的相反侧上。

5. 根据权利要求1所述的方法,其中卷绕所述卷筒包括使来自于所述卷筒的一端的线圈绕组段与来自于所述卷筒的相反端的线圈绕组段交叉。

6. 根据权利要求5所述的方法,其中使来自于所述卷筒的两端的所述线圈绕组段交叉使得来自于所述卷筒的一端的线圈绕组段邻近来自于由同一绝缘电线绕制的来自于所述卷筒的相反端的线圈绕组段。

7. 根据权利要求1所述的方法,进一步包括将每个线圈绕组的一端电连接到共用终端并且将每个线圈绕组的相反端与可连接到三相电源的相应的相位上的终端连接。

8. 根据权利要求1所述的方法,其中所述第二线圈组的缠绕方向与所述第一线圈组的缠绕方向相反。

9. 一种用于无槽定子的三相励磁绕组,包括:

多组线圈绕组,包括第一线圈组和第二线圈组;

圆筒形卷筒,其包括所述第一线圈组和所述第二线圈组,所述第一线圈组和所述第二线圈组被折叠为使得来自于所述第一线圈组的一个或多个线圈绕组段交叉在所述第二线圈组的线圈绕组段之间,

其中所述圆筒形卷筒的形成过程包括:

通过绕心轴缠绕绝缘电线使得所述电线的每匝邻近所述电线的下一匝并且所述第一线圈组中在所述心轴上的邻近的线圈绕组段之间的间隙基本上等于所述第一线圈组中的线圈绕组段的宽度,来形成包括用于每个线圈绕组段的绝缘电线的第二螺旋绕组的所述第一线圈组;以及

通过绕心轴缠绕所述电线使得所述电线的每匝邻近所述电线的下一匝,其中在所述第二线圈组和所述第一线圈组中的每个线圈绕组段在完成时具有基本相同的线圈宽度,在所述第二线圈组中在所述心轴上的邻近的线圈绕组段之间的间隙基本上等于在所述第二线圈组中的线圈绕组段的宽度,从而形成包括用于每个线圈绕组段的绝缘电线的第二螺旋绕组的所述第二线圈组。

10. 根据权利要求 9 所述的三相励磁绕组,进一步包括环形磁通回环并且所述圆筒形卷筒安装在所述环的内表面上。

11. 根据权利要求 9 所述的三相励磁绕组,其中在所述卷筒中交叉的线圈绕组段包括由同一绝缘电线绕制的分别来自第一线圈组和第二线圈组的线圈绕组的成对邻近的线圈绕组段。

12. 根据权利要求 11 所述的三相励磁绕组,其中由同一绝缘电线绕制的分别来自第一线圈组和第二线圈组的线圈绕组的成对邻近的线圈绕组段在所述圆筒形卷筒的相反侧上。

13. 根据权利要求 9 所述的三相励磁绕组,其中来自于所述卷筒的一端的线圈绕组段与来自于所述卷筒的相反端的线圈绕组段交叉。

14. 根据权利要求 13 所述的三相励磁绕组,其中来自于所述卷筒的两端的线圈绕组段被交叉使得来自于所述卷筒的一端的线圈绕组段邻近来自于由同一绝缘电线绕制的来自于所述卷筒的相反端的线圈绕组段。

15. 根据权利要求 9 所述的三相励磁绕组,其中每个线圈绕组的一端连接到共用终端并且每个线圈绕组的相反端与可连接到三相电源的相应相位的终端连接。

16. 根据权利要求 9 所述的三相励磁绕组,其中所述第二线圈组的缠绕方向与所述第一线圈组的缠绕方向相反。

17. 根据权利要求 9 所述的三相励磁绕组,其中所述第二线圈组绕所述心轴以与所述第一线圈组相同的方向缠绕。

18. 一种制造用于电磁多相设备的励磁绕组的方法,包括:

绕心轴螺旋地缠绕多根绝缘导线以形成第一组线圈绕组,其中所述第一组线圈绕组包括来自于所述绕组的每个相的缠绕线圈段,并且其中在所述第一组中的缠绕线圈段在所述心轴上紧邻所述第一组中的其它缠绕线圈段中的至少一个;

将绝缘导线从第一组线圈绕组中的每个线圈绕组的尾端沿着心轴轴向地移动到第二组线圈绕组的每个线圈绕组的首端的起点,轴向移动距离基本上等于在所述第一组中的缠绕线圈段的总宽度的两倍减去所述第一组中一个缠绕线圈段的宽度;

以与所述第一组所用的缠绕方向相同的缠绕方向螺旋地缠绕第二组线圈绕组,其中所述第二组线圈绕组包括来自于所述绕组的每个相的缠绕线圈段,并且其中在所述第二组中形成的缠绕线圈段在所述心轴上紧邻所述第二组中的其它缠绕线圈段中的至少一个;

将所述心轴移除并且将所述缠绕线圈段变平以形成单层卷筒,其中来自于形成在所述心轴的第二侧上的所述第一组线圈绕组的缠绕线圈段组交叉在来自于形成在所述心轴的

第一侧上的所述第一组线圈绕组的缠绕线圈段组和来自于形成在所述心轴的第一侧上的所述第二组线圈绕组的缠绕线圈段组之间,以及

将所述卷筒卷绕成两层圆筒,其中来自于所述第一组线圈绕组的缠绕线圈段与由相同的导线形成的来自于所述第二组线圈绕组中的缠绕线圈段重叠。

19. 根据权利要求 18 所述的方法,进一步包括将所述圆筒安装在磁通回环的内表面上,其中所述缠绕线圈段平行于所述圆筒的中心轴。

20. 根据权利要求 18 所述的方法,其中所述多根绝缘导线为三根。

21. 根据权利要求 18 所述的方法,其中在第一组中形成在所述心轴的第一侧上的缠绕线圈段与在所述第二组中形成在所述心轴的第一侧上的缠绕线圈段重叠。

22. 根据权利要求 21 所述的方法,其中在第一组中形成在所述心轴的第二侧上的缠绕线圈段与在所述第二组中形成在所述心轴的第二侧上的缠绕线圈段重叠。

23. 根据权利要求 18 所述的方法,其中所述圆筒的第一层由所述第一组的缠绕线圈段形成,并且所述圆筒的第二层由所述第二组的缠绕线圈段形成。

24. 一种制造用于无槽定子的包括三个线圈绕组的三相励磁绕组的方法,所述方法包括:

通过绕心轴缠绕每个线圈绕组的绝缘电线使得所述电线的每匝邻近所述电线的下一匝而形成所述三个线圈绕组的线圈组,其中在线圈组中的每个线圈绕组在完成时具有基本相同的线圈宽度,并且在第一线圈组中的邻近的线圈绕组之间的间隔为基本上等于完成绕组中的一个的宽度的距离;

将所述心轴从缠绕的线圈组中移除;

将所述缠绕的线圈组折叠使得来自于所述心轴的第一侧的线圈绕组段交叉在来自于所述心轴的相反侧的线圈绕组段之间以形成单层卷筒,以及

将所述单层卷筒卷绕成圆筒以形成所述励磁绕组,其中在所述卷筒的一端上的线圈绕组段交叉在所述卷筒的相反端处的线圈绕组段之间,并且来自于相同的线圈绕组的线圈绕组段在所述圆筒的相反侧上。

25. 根据权利要求 24 所述的方法,进一步包括将所述圆筒安装在磁通回环的内表面上,其中所述线圈绕组段平行于所述圆筒的中心轴。

26. 根据权利要求 24 所述的方法,其中线圈绕组段在折叠成所述卷筒并交叉在线圈绕组段之间时不会重叠。

27. 根据权利要求 24 所述的方法,进一步包括将每个线圈绕组的一端电连接到共用终端并且将每个线圈绕组的相反端与可连接到三相电源的相应相位的终端连接。

28. 一种制造用于无槽定子的三相励磁绕组的方法,所述三相励磁绕组包括设置在第一线圈组和第二线圈组中的多个线圈绕组,所述方法包括:

通过在第一方向上绕心轴缠绕每个线圈绕组的绝缘电线使得所述电线的每匝邻近所述电线的下一匝而形成所述第一线圈组,其中在所述第一线圈组中的每个线圈绕组在完成时具有基本相同的线圈宽度,并且在所述第一线圈组中的邻近的线圈绕组之间的间隔为基本上等于完成绕组中的一个的宽度的距离;

在形成所述第一线圈组之后,从每个线圈绕组的尾端起沿着所述心轴轴向地移动所述绝缘电线一定的距离以将所述电线定位在所述第二线圈组中的每个线圈绕组的首端处,所

述距离基本上等于所述完成绕组中的一个的宽度的五倍；

通过在相同的第一方向上绕心轴缠绕每个线圈绕组的绝缘电线使得所述电线的每匝邻近所述电线的下一匝而形成所述第二线圈组，其中在所述第二线圈组和所述第一线圈组中的每个线圈绕组在完成时具有基本相同的线圈宽度，并且其中在所述第二线圈组中的邻近的线圈绕组之间的间隔为基本上等于完成绕组中的一个的宽度的距离；

将所述心轴从缠绕的第一和第二线圈组中移除；

将所述缠绕的第一线圈组和第二线圈组折叠成单层卷筒使得形成在所述心轴的第一侧上的线圈绕组段与形成在所述心轴的相对侧上的线圈绕组段交叉，以及

将所述单层卷筒卷绕成圆筒以形成所述励磁绕组。

电动机的无槽定子的线圈缠绕方法和结构

在先申请的交叉引用

[0001] 本申请要求于 2006 年 12 月 28 日提交的申请号为 60/877,373 的美国临时申请的利益,其全部内容通过引用合并于此。

技术领域

[0002] 本发明涉及电力电动机的定子。本发明尤其涉及由多个线圈绕组形成用于交流 (AC) 和直流 (DC) 电动机的无槽定子的多相励磁绕组的方法,以及用于这种定子的线圈绕组布局。

背景技术

[0003] 电动机通常具有环绕圆筒形内转子的环形定子以及在定子和转子之间的气隙。定子典型地包括由导电线圈绕组形成的励磁绕组。在多相,例如三相电动机的励磁绕组中有多个线圈绕组。每个线圈绕组由绝缘导线例如电线形成,所述导线沿着定子的长度来回延伸。通过线圈绕组的交流电在圆筒形定子的空心部中产生旋转电磁场。在定子中的转子通过旋转场转动。

[0004] 定子线圈绕组通常通过下列步骤形成:围绕心轴 (mandrel) 缠绕例如电线的导电线圈、将心轴从缠绕的线圈中移除、将缠绕的线圈折叠成卷筒 (web) 并且将卷筒卷绕成圆筒以包括在定子中。在下述的专利中公开了已知的用于缠绕线圈绕组的布局和方法:第 3,813,267 号、第 5,197,180 号、第 5,425,165 号、第 5,619,085 号、第 5,714,827 号、第 6,355,993 号和第 6,791,224 号美国专利。长期以来需要相对容易、实施便宜并提供定子的有效励磁绕组的无槽定子线圈布局 and 缠绕方法。

发明内容

[0005] 已经开发了用来缠绕线圈以形成励磁绕组的新的线圈绕组布局和方法以用于在多相电动机中的无槽定子。线圈绕组安装在磁通回环 (fluxreturn ring) 的内表面上,并且形成与定子和回环同轴的绕转子的环带 (annulus)。施加到定子的线圈绕组上的电动力根据施加的电动力的功率以一定的速度和扭矩驱动转子。电动力典型地为多相交流 (AC) 电压,诸如三相 AC 电压。定子励磁绕组包括用于 AC 电压的每相的独立线圈绕组。

[0006] 此处公开的线圈绕组的布局也适用于用作发电机的定子。缠绕方法形成用于例如三相的多相无槽定子的多个线圈绕组,例如三个 (A、B、C)。定子线圈绕组可以用在睡眠呼吸暂停治疗装置中的鼓风机的小电动机中。

[0007] 此处公开了一种制造用于无槽定子的诸如三相励磁绕组的多相励磁绕组的方法,所述多相励磁绕组包括设置在第一线圈组和第二线圈组中的多个线圈绕组,所述方法包括:通过绕心轴缠绕每个线圈绕组的绝缘电线以使得电线的每匝邻近电线的下一匝来形成第一线圈组,其中第一线圈组中的每个线圈绕组在完成时具有基本相同的线圈宽度,并且在第一线圈组中的邻近的线圈绕组之间的间隔为基本上等于完成的绕组中的一个的

宽度的距离；在形成第一线圈组之后，从每个线圈绕组的尾端 (trailing edge) 沿着心轴轴向地移动绝缘电线一定的距离以将电线定位在第二线圈组中的每个线圈绕组的首端 (leading edge) 处，所述距离基本上等于完成的绕组中的一个的宽度的五倍；通过绕心轴缠绕每个线圈绕组的绝缘电线以使得电线的每匝邻近电线的下一匝来形成第二线圈组，其中在第二线圈组和第一线圈组中的每个线圈绕组在完成时具有基本上相同的线圈宽度，并且其中第二线圈组的缠绕方向与第一线圈组的缠绕方向相同或相反，并且在第一线圈组中的邻近的线圈绕组之间的间隔为基本上等于完成的绕组中的一个的宽度的距离；将心轴从缠绕的第一和第二线圈组中移除；将缠绕的第一线圈组和第二线圈组折叠成单层卷筒以使得来自于第一线圈组的线圈绕组段 (segment) 交叉在第二线圈组的线圈绕组段之间，并且将单层卷筒卷绕成圆筒以形成励磁绕组。

[0008] 公开了一种用于无槽定子的诸如三相励磁绕组的多相励磁绕组，包括：多个线圈绕组，其包括第一线圈组和第二线圈组；第一线圈组，其包括用于每个线圈绕组的绝缘电线的第一螺旋绕组，其中电线绕心轴缠绕使得电线的每匝邻近电线的下一匝并且在第一线圈组中的在心轴上的邻近的线圈绕组之间的间隙基本上等于在第一组中的线圈绕组的宽度；第二线圈组，其包括每个线圈绕组的绝缘电线的第二螺旋绕组，其中电线绕心轴缠绕使得电线的每匝邻近电线的下一匝，其中在第二线圈组和第一线圈组中的每个线圈绕组在完成时具有基本相同的线圈宽度，第二线圈组中在心轴上的邻近的线圈绕组之间的间隙基本上等于在第二组中的线圈绕组的宽度，并且第二线圈组的缠绕方向与第一线圈组相反；以及圆筒形的卷筒，其包括第一线圈组和第二线圈组，所述第一线圈组和第二线圈组被折叠为使得第一线圈组的线圈绕组段交叉在第二线圈组的线圈绕组段之间。

[0009] 公开了一种制造用于包括三个线圈绕组的用于无槽定子的三相励磁绕组的方法，所述方法包括：通过绕心轴缠绕每个线圈绕组的绝缘电线使得电线的每匝邻近电线的下一匝来形成三个线圈绕组的线圈组，其中在第一线圈组中的每个线圈绕组在完成时具有基本相同的线圈宽度，并且在第一线圈组中的邻近的线圈绕组之间的间隔为基本上等于完成的绕组中的一个的宽度的距离；将心轴从缠绕的线圈组中移除；折叠缠绕的线圈组使得来自于心轴的第一侧的线圈绕组段交叉在来自于心轴的相反侧的线圈绕组段之间，并且将单层卷筒卷绕成圆筒以形成励磁绕组，其中在卷筒的一端的线圈绕组段交叉在卷筒的相反端处的线圈绕组段之间，并且来自于相同的线圈绕组的绕组段在圆筒的相反侧上。

[0010] 公开了一种用于缠绕电磁多相设备的磁场的方法，包括：绕心轴螺旋地缠绕多个绝缘导线以形成第一组线圈绕组，其中在第一组中的缠绕线圈在心轴上紧邻第一组中的其他缠绕线圈中的至少一个；将导线的长度沿着心轴轴向地移动一定的距离，所述距离基本上等于在第一组中的缠绕线圈的宽度；在距第一组线圈绕组的尾端基本上等于第一组的缠绕线圈的宽度的距离处开始，以与第一组中使用的缠绕方向相同的缠绕方向螺旋地缠绕第二组线圈，其中在第二组中形成的缠绕线圈在心轴上紧邻第一组中的其他缠绕线圈中的至少一个；将心轴移除并且将线圈变平以形成单层卷筒，单层卷筒包括与第二组的线圈段交叉的第一组的线圈段，并且将卷筒卷绕成两层圆筒，其中第一组的线圈与由相同的导线形成的第二组中的线圈重叠。

附图说明

- [0011] 图 1 为三个线圈绕组在心轴上卷绕为两个线圈组的第一结构的示意图。
- [0012] 图 2 为图 1 所示的线圈在将心轴移除并且将线圈绕组折叠成单层卷筒的情况下的示意图。
- [0013] 图 3 为设置在单层圆筒形卷筒中的图 2 所示的线圈的卷筒的端视图的示意横截面图。
- [0014] 图 4 为安装在磁通回环中以形成定子的图 2 所示的圆筒形卷筒的端视图的示意图。
- [0015] 图 5 为表示在图 1 至图 4 中所示的第一线圈绕组结构的电力三相线圈结构的示意图。
- [0016] 图 6 为每个具有单线圈组并绕心轴卷绕的三个线圈绕组的第二结构的示意图。
- [0017] 图 7 为在将心轴移除并将线圈折叠成单层卷筒的情况下的线圈绕组的第二结构的示意图。
- [0018] 图 8 为来自于图 7 并且形成圆筒形状的线圈绕组的卷筒的端视图的示意横截面图。
- [0019] 图 9 为安装在磁通回环中的图 8 的圆筒形线圈卷筒的端视图的示意横截面图。
- [0020] 图 10 为表示第二线圈绕组结构的电力三相线圈结构的示意图。
- [0021] 图 11 为三个线圈绕组在心轴上卷绕为两个线圈组的第三结构。
- [0022] 图 12 为在将心轴移除并将线圈折叠成双层卷筒的情况下的线圈绕组的第三结构的示意图。
- [0023] 图 13 为设置在双层圆筒中的图 12 的线圈绕组的卷筒的端视图的示意横截面图。
- [0024] 图 14 为安装在磁通回环中图 13 的双层圆筒形线圈绕组卷筒的端视图的示意横截面图。
- [0025] 图 15 为表示第三线圈绕组结构的电力三相线圈结构的示意图。
- [0026] 图 16 为设置在单层圆筒中的图 12 的线圈绕组的卷筒的端视图的示意横截面图。
- [0027] 图 17 为安装在磁通回环中的图 16 的单层圆筒形线圈绕组卷筒的端视图的横截面图。
- [0028] 图 18 为三个线圈绕组在心轴上卷绕为两个线圈组的第四结构的示意图。
- [0029] 图 19 为在将心轴移除并将线圈绕组折叠成单层卷筒的情况下的图 18 中所示的线圈的示意图。
- [0030] 图 20 为设置在磁通回环中的图 19 所示的线圈的卷筒的端视图的示意横截面图。
- [0031] 图 21 为安装在磁通回环中以形成定子的图 2 所示的圆筒形线圈卷筒的端视图的示意图。

具体实施方式

[0032] 图 1 为三个线圈绕组 (A、B、C) 在心轴 16 上卷绕为两个线圈组 12、14 (A1、B1 和 C1, 以及 A2、B2 和 C2) 的第一结构 10 的示意图。导电绝缘电线绕心轴盘绕以形成每个线圈绕组的组。多条胶带 18 贴到线圈组的相反侧以将线圈暂时地保持在一起。在将心轴移除之后并且当将结构 10 折叠成卷筒时 (见图 2), 胶带有助于保持线圈之间和线圈组之间的距离。

[0033] 心轴 16 的跑道形横截面具有大体直立的相对壁部分 20 和有脊的顶侧和底侧 22。心轴优选地具有六角形横截面,但是也可以具有其它的多边形横截面,或者具有两个相对壁部分 20 和弯曲的顶侧和底侧 22。

[0034] 心轴的壁部分 20 往往具有共同的长度并且比顶侧和底侧长。壁部分 20 用来形成线圈绕组的直立段 24、26 (见图 2),所述直立段 24、26 设置在圆筒中并且面对电动机中的转子。壁部分 20 具有与待形成的定子线圈段的长度基本相等的宽度。

[0035] 位于心轴的顶侧和底侧 22 的线圈部分形成线圈绕组的端匝部分 (end turn section) 28。心轴的宽度,即,相对壁部分 20 之间的距离确定了线圈的端匝部分 28 的宽度。当将线圈变平成卷筒时,端匝必须具有足以横跨连接的线圈组,例如 A1 和 A2 之间的间隙的长度。因此,心轴的宽度必须足以使得端匝具有它们需要的长度。

[0036] 当形成定子时,线圈段 24、26 设置在定子的圆筒中。线圈段是平行的并且邻近转子。线圈段设置在定子的内圆筒形表面上,通过环形气隙与转子隔开,并且延伸转子的长度。线圈的端匝部分 28 连接邻近的直立线圈段 24、26。将端匝部分 28 折叠或设置得紧凑。在典型的线圈绕组中,直立线圈段 24、26 和端匝部分 28 将以具有绝缘护套的连续电导线交替。端匝部分的宽度,例如相对壁部分 20 之间的距离,足以允许端匝横跨在线圈折叠的情况下连接的线圈组之间的距离。

[0037] 每个线圈组 12、14 通过将电线缠绕成紧的螺旋形而形成,其中在每个线圈绕组中,电线的每匝邻近下一匝。每个绕组的起始匝 (start turn) 处的端部分别由 SA、SB 和 SC 表示。每个线圈绕组的最后匝 (last turn) 处的端部分别由 EA、EB 和 EC 表示。在本领域中公知的自动绕线机构可以用于绕心轴自动地缠绕电线。每个绕组的电线首先在第一方向 (由箭头表示的缠绕方向) 上缠绕以形成线圈的第一组 12。第一线圈组包括预定量的电线匝数,例如,25 至 250 匝。典型地,线匝贴着心轴的表面一起紧紧地包成并行结构以形成单层的缠绕线圈。

[0038] 独立的电线用于形成每个线圈绕组。如图 1 所示,三根绝缘电线 (A、B、C) 绕心轴缠绕。电线最初在第一方向上缠绕以形成线圈的第一组 12。每个线圈组 (A1、B1、C1) 对应于绕心轴缠绕的独立的绝缘电线。每个线圈组具有基本相同的绕组数量使得每个线圈组的宽度和每个线圈组中的匝数基本相同。

[0039] 邻近的线圈组之间的间隔,例如,在线圈组 A1 的尾端和线圈组 B1 的首端之间的间隙 (G) 可以为线圈段的宽度 (w)。当将线圈变平成单层卷筒时 (见图 2),该间隙允许线圈段在没有重叠线圈的情况下置于间隙中。

[0040] 在第一组线圈绕组 (A1、B1、C1) 的缠绕之后和在下一组线圈绕组 (A2、B2、C2) 缠绕之前,从每个完成的线圈组 12 延伸出的电导线沿着心轴轴向地移动。轴向移动使电导线从完成的第一线圈组,例如 A1 的尾端运动到待缠绕的第二线圈组例如 A2 的首端。对于具有两个线圈组的三相线圈,轴向移动的距离为线圈绕组段的宽度 (w) 的五 (5) 倍。对于具有除了三相之外的多相线圈绕组和不同线圈组数的多相线圈绕组,轴向移动是不同的。一般来讲,从完成的线圈组 12 到新的线圈组 14 的轴向移动为线圈组的数量的两倍乘以线圈绕组的数量,减去 1。该轴向移动算法将用在能够折叠成单层板的心轴线圈绕组上。

[0041] 每个线圈 (A、B、C) 的电导线首先在一个方向上,例如顺时针方向上缠绕以形成第一线圈组 (A1、B1 和 C1),并且之后在另一个相反的方向,例如逆时针方向上缠绕以形成第

二线圈组 (A2、B2、C2)。在图中缠绕方向由箭头表示。附加的线圈组可以通过绕心轴在顺时针和逆时针方向上交替地缠绕线圈来形成。通过颠倒缠绕方向重复缠绕线圈组直到形成需要的线圈组的数量。

[0042] 在完成绕组之后,将心轴从缠绕的线圈中移除。当将心轴移除时,胶带 18 保持线圈组的位置使得电线在它们各自的线圈组中保持并行并且线圈组之间保持间隙。胶带典型地为在每个线圈段 24、26 的相反侧上的两条带。第一条胶带固定到心轴的表面上,同时粘合表面朝外以接受缠绕线圈。在完成缠绕过程之后第二条胶带贴到线圈段上并且典型地用于压在第一条胶带上。

[0043] 图 2 显示了将心轴移除后的线圈绕组。线圈被变平成单层卷筒 30。为了确保线圈段的正确重叠,在线圈的第一侧上的诸如 A1' 的段朝着在线圈的相反侧上选择的诸如 C1 和 A2 的段之间的间隙中的位置轴向地移动。线圈段设置在卷筒中使得多个段(例如, A1、B1、C1、A1'、A2、B1'、B2、C1'、C2、A2'、B2' 和 C2')是平行的并且不会重叠。线圈段 24、26 (A1、B1、C1、A1'、B1' 和 C1') 为卷筒的将形成邻近转子的定子部分的部分。线圈段 24、26 将设置在定子中使得它们平行于转子的旋转轴。

[0044] 线圈段 24、26 被设置为使得对于来自于相同线圈绕组的邻近段来说缠绕方向(见图 1 和图 2 中的多个段上的箭头)是平行的。例如,卷筒具有在心轴上以相同的缠绕方向缠绕的邻近段 A1' 和 A2。相似地,邻近段 B1'、B2;C1'、C2;A2、A1';B2'、B1,和 C1、C2' 中的每对具有相同的缠绕方向。当线圈变平成卷筒时,形成在心轴的一侧上的线圈段,例如在图 2 所示的附图标记中用符号(" ' ")表示的段与在心轴的相对侧上形成的例如没有符号的附图标记的线圈段交叉。线圈段的交叉将来自于一个线圈组的段定位在来自于另一个线圈组的线圈段之间。线圈组在相反的方向上缠绕使得当线圈段交叉时,对于来自于相同线圈的邻近的线圈段来说,缠绕方向是相同的。

[0045] 通过线圈段的电流方向取决于所述段的缠绕方向。定位来自于相同线圈的线圈段使得邻近段具有相同的缠绕方向确保了通过邻近段的电流方向是相同的。

[0046] 线圈段 24、26 在折叠成卷筒时不会重叠。线圈的端匝部连接多个段(A1 至 A1', B1 至 B1', 和 C1 至 C1')。当形成卷筒时,端匝部分将部分地重叠。变平的过程伴随有重叠并且不会构成线圈段的重叠。

[0047] 最靠近卷筒端部的线圈段(A1、B1 和 B2' 和 C2')由间隙(G)相互隔开。这些间隙将容纳来自于卷筒的相反端的线圈段。特别地,当卷筒滚成圆筒时,段 A1 将安装在段 A2' 和 B2' 之间的间隙中,并且段 B1 将安装在段 B2' 和 C2' 之间的间隙中。

[0048] 图 3 为形成为定子励磁绕组 31 的卷筒 30 的卷筒段的横截面图。卷筒滚成圆筒状而不会重叠线圈段。在卷筒端部处的线圈段(A1、C1')与其他的线圈段交叉而不会重叠这些其他段。所述段设置在圆筒形的定子励磁绕组 31 中,使得来自于第一组(A1、B1、C1)的线圈段邻近来自于相同的线圈的第二组(A2、B2、C2)的线圈段。圆筒形卷筒的内径基本上为定子内径的直径。定子段平行于圆筒的轴。转子(见由图 4 中的北极和南极所表示的转子)同轴地固定在由卷筒 30 形成的圆筒形定子励磁绕组 31 中。

[0049] 来自于每个线圈绕组(A、B、C)的线圈段在定子中设置为使得电流在定子的一侧上以一个方向流动而在定子的另一侧上以相反方向流动。线圈段 24、26(图 1)在心轴上缠绕的方向确定了电流流向。例如,在线圈 A 中,段 A1' 和 A2 具有第一缠绕方向(见图 2)并

且在定子的相反侧的段 A1 和 A2' 具有相反的缠绕方向。因此,通过段 A1' 和 A2 的电流方向是相同的并且与在段 A1 和 A2' 中的电流方向相反。类似地,段 C2' 和 C1 的电流方向是相同的并且与定子的另一侧上的段 C2 和 C1' 的电流方向相反。此外,段 B1 和 B2' 的电流方向是相同的并且与段 B1' 和 B2 的电流方向相反。因此,电流在定子圆筒的一侧上的一个方向上流动而在圆筒的相反侧上以相反方向流动。

[0050] 图 4 显示了形成为圆筒形状的定子励磁绕组 31,所述定子励磁绕组 31 插入提供了磁通量回路的铁磁环 32 中。心棒 (arbor) 可以插入由线圈卷筒形成的圆筒的内周中以建立定子的内径 (ID)。此外,线圈绕组的端匝 28 紧紧地设置在每段的相反端 (在定子的相反端) 上以最小化整个定子的高度。利用不同的方式,包括将线圈涂漆到环的内周中或者将线圈模制到环中而将线圈固定到回路环 32 中。卷筒和回路形成了无槽定子。圆筒形的定子励磁绕组 31 可以包括在具有由转子电极北 (N) 和南 (S) 表示的旋转转子的电动机或发电机中。

[0051] 图 5 为表示图 4 的定子励磁绕组 31 的导电路径的电力示意图。每个线圈组,例如 A1 被表示为电阻器 34 以反映在每个导电线圈组中的每个绕组的微小阻抗。线圈组 (A1、A2) 串联连接在它们各自的线圈绕组中。三个线圈绕组 (A1&A2 ;B1&B2 和 C1&C2) 连接到共同的终端 36,例如,中心抽头。每个绕组的相反端具有连接到电动机的电源的相端子上的终端 38。对应于第一绕组匝的每个绕组的端部在图 5 中被标记为 SA、SB 和 SC (也见图 1) 以表示在示意图中的线圈的起始位置。在图 5 和图 1 中也表示了每个绕组对应的最后匝 EA、EB 和 EC。

[0052] 图 6 为显示在心轴 16 上的第二线圈绕组结构 40 的示意图。三个线圈绕组 (A、B 和 C) 具有全部绕心轴在单方向 (见箭头) 上缠绕的单个线圈组 42。在心轴的两侧 20 上的多条胶带 18 固定线圈段 24、26 (见图 7)。邻近线圈之间的间隙 (G) 基本上等于线圈段的宽度 (W)。

[0053] 图 7 显示了在将心轴移除之后和将线圈变平成卷筒 44 之后的线圈绕组 40。每个绕组的起始匝分别标记为 SA、SB 和 SC,并且每个绕组的最后匝分别标记为 EA、EB 和 EC。当线圈变平成卷筒时,胶带可移除也可不移除。当线圈变平时,来自于心轴的一侧的线圈段 24 (A1'、B1' 和 C1') 被轴向地移动以交叉在来自于心轴的相反侧的线圈段 26 (A1、B1 和 C1) 之间的间隙 (G) 中。

[0054] 交叉的线圈段 24、26 不会重叠。来自于心轴的一侧的段 24 置于来自于心轴的另一侧的段之间的间隙 (G) 中。变平的段形成单层卷筒 44。在每个线圈绕组中串联地连接线圈段的端匝部分 28 在它们被折叠成卷筒时可以重叠。端匝可以设置为使得它们不会过分地增加卷筒的长度或面积而超出形成定子线圈段 24、26 所需要的面积太多。

[0055] 线圈 (A、B 和 C) 各自在每个线圈绕组的一端形成具有共用的终端 46 的电路并且在线圈绕组的相反端处形成用于每个线圈的独立终端 48。独立终端 48 连接到电动机的电源的各个相中。共用终端 46 可以接地。

[0056] 图 8 为形成为定子的圆筒的卷筒 44 的示意横截面图。图 9 为所示的安装在磁通回环 32 的内表面上的卷筒 44 的示意横截面图。端线圈段 (A1、C1') 分别安装在 B1' 和 C1' 之间以及 A1 和 B1 之间的间隙 (G) 中。用于每个绕组的两个线圈段在圆筒的相反侧上。例如,对于段 A1' 来说,段 A1 在圆筒的相反侧上。A1 的缠绕方向与 A1' 的缠绕方向相反

(见图 7 中的绕组箭头)。在每个线圈中,电流在圆筒的一侧上在一个方向上流动,例如通过段 A1,而在定子圆筒的相反侧上在相反方向上流动,例如通过段 A1'。因此,在每个线圈中,电流在定子圆筒的一侧上在一个方向上流动而在圆筒的相反侧在相反方向上流动。

[0057] 图 10 为图 9 所示的三相定子绕组的电力示意图。每相的线圈绕组分别标识为 A、B 和 C。每个绕组的电力终端 48(SA、SB 和 SC)可连接到三相电源的对应相位上。共用终端 46 也可诸如经由接地而连接到电源上。每个绕组的第一匝分别标识为 SA、SB 和 SC。连接在一起的每个绕组的最后匝被标识为 EA、EB 和 EC。

[0058] 图 11 为具有三个线圈绕组(A、B 和 C)的又一线圈绕组结构的示意图,所述三个线圈绕组中的每个设置在第一线圈组 52 中和第二线圈组 54 中。每个线圈组在相同的缠绕方向上,例如顺时针(见线圈上的箭头)方向上缠绕。

[0059] 每个线圈通过绕心轴 16 缠绕绝缘电线而形成。每根电线的起点分别由 SA、SB 和 SC 表示。每根电线的终端分别由 EA、EB 和 EC 表示。形成三相励磁绕组的三个线圈绕组的三根电线首先绕心轴一起缠绕以各自形成第一线圈组 52。线圈组螺旋地缠绕并紧紧地包住使得电线的每匝邻近心轴上的电线的上一匝定位。此外,在第一组中的完成的线圈绕组(A1、B1 和 C1)彼此邻近使得在线圈绕组 A1 和 B1 之间以及 B1 和 C1 之间没有间隙。心轴上的用于线圈绕组 B1 和 C1 的起始位置分别为距离缠绕线圈绕组 A1 的起点 W 和 $2 \times W$ 的位置,其中 W 为完成的线圈绕组的宽度。优选地,在每组中的线圈绕组中的每个均具有共同的宽度(W)。

[0060] 在完成第一线圈组 52 的缠绕过程之后,将线圈电线从第一组中的每个绕组的尾端沿着心轴轴向地移动到第二线圈组 54 的每个线圈的首端的起点。轴向移动为 $5 \times W$,或者更一般地为在一组中的线圈的总宽度的两倍减去一组中的一个线圈绕组(w)的宽度(W)。在轴向移动之后,线圈电线绕心轴缠绕以形成第二线圈组 54。缠绕方向与用来缠绕第一线圈组 52 的方向相同。

[0061] 图 12 为将心轴 16 和粘带条 18 从线圈段 24、26 移除之后的又一绕组结构 50 的示意图。将线圈绕组折叠成单层卷筒 56。使来自于第一线圈组的线圈段(A1'、B1' 和 C1')24 与来自于第一和第二线圈组 27、29 的线圈段(A1、B1、C1 以及 A2、B2 和 C2)交叉。在卷筒 56 中的线圈段沿着卷筒 56 的长度并行布置。邻近的三组线圈组,例如,A1、B1 和 C1 相对 A1'、B1' 和 C1' 的缠绕方向(见箭头)是相反的。缠绕方向沿着卷筒 56 的长度反向四次。

[0062] 图 13 为卷绕成双层定子圆筒 58 的卷筒 56 的横截面端视图。圆筒层中的每一层均包括两组三个线圈组。外层包括第一线圈组 27 的线圈组段 A1、B1、C1 和第一线圈组 27 的段 A1'、B1' 和 C1'。内层包括线圈组 29 的线圈组段 A2、B2、C2 和线圈组 29 的段 A2'、B2' 和 C2'。重叠的线圈段,例如 A1 和 A2 具有相同的缠绕方向(见图 11)使得通过重叠段的电流方向是相同的。此外,具有相反的缠绕方向并且来自于相同的线圈绕组例如 A 的线圈段,例如 A1' 和 A2' 在圆筒的相反侧上。因此,在每个线圈绕组中,电流在定子圆筒的一侧上在一个方向上流动而在圆筒的相反侧上在相反方向上流动。

[0063] 图 14 为安装在铁磁磁通回环 60 的内表面上的定子圆筒 58 的横截面端视图。圆筒可以粘合到环 60 上并且环和圆筒可以用本领域中公知的密封剂和其他的涂层涂敷以形成定子。此外,形成定子圆筒的线圈绕组的端匝 28 沿着卷筒的内表面设置以最小化环的深

度并且避免与定子段 24、26 的电干扰,所述定子段 24、26 平行于环 60 的轴和插入圆筒中的转子的轴。

[0064] 图 15 为具有三个线圈绕组 (A、B 和 C) 的线圈绕组结构 50 的示意图,所述三个线圈绕组中的每个均设置在第一线圈组 27 (A1、B1 和 C1) 和第二线圈组 29 (A2、B2 和 C2) 中。对于每个线圈绕组,第一绕组匝的起点分别标识为 SA、SB 和 SC。对于每个线圈绕组,最后的绕组匝分别标识为 EA、EB 和 EC。

[0065] 图 16 为单层卷筒 62 的横截面端视图,卷筒 62 成形为圆筒 64 以形成定子的励磁绕组。卷筒 62 由线圈 (A、B 和 C) 形成,线圈 (A、B 和 C) 中的每个均设置在两个或多个线圈组中,诸如 A1 和 A2。线圈在心轴上缠绕并且在卷筒中以与结合图 11 和图 12 在上面描述的方式相同的方式形成。将线圈段变平以形成卷筒 62 使得所述段不会重叠。

[0066] 图 17 为安装在铁磁磁通回环 66 的内表面上的定子圆筒 64 的横截面的端视图。圆筒可以粘合到环上,并且环和圆筒可以用本领域中公知的密封剂或者涂层涂敷以形成定子。此外,形成定子圆筒的线圈绕组的端匝沿着卷筒的内表面设置以最小化环的深度并且避免与定子段的电干扰,所述定子段平行于环 66 的轴和插入圆筒中的转子的轴。

[0067] 卷筒 60 被设置为使得来自于相同的线圈的两组,例如 A1 和 A2 并形成在心轴的相同侧上的线圈段在圆筒 64 中彼此相对地设置。由于线圈在心轴上缠绕的方式,因此通过这些相对段中的每个的电流方向是相同的。相似地,相同线圈的相反段,例如 A1' 和 A2' 设置在圆筒 64 中的从线圈段 A1 和 A2 的位置以 90 度分开的位置处。电流以相同的方向流过相反段 A1' 和 A2',所述方向与通过段 A1 和 A2 的电流方向相反。在圆筒 64 中的线圈段的结构适合于由图 17 所示的四个极 (NSNS) 所表示的四极转子。四极转子的极性为北-南-北-南,其中每个电极以 90 度分开。相反,在图 4、图 9 和图 14 中所示的定子圆筒被构造为具有单个北极和单个南极的两极转子,其中两个电极都以 180 度分开。这些两极转子由图 4、图 9 和图 14 中的 NS 表示。

[0068] 通过图 11 和图 12 所示的线圈卷绕和变平式样形成的诸如卷筒 62 的单层卷筒可用于产生定子的励磁绕组以与具有多于四个磁极的转子一起运行。对于具有多于四个极的转子,在每个线圈中的组的数量应该等于电极数的一半。例如,如果对应的转子有六个电极,则三个线圈组 (诸如 A1、A2 和 A3) 应该缠绕在心轴上。为了形成与具有多于四极的转子一起使用的定子线圈,应该使用与结合图 18 和图 19 在上面所述的过程相同的过程将定子线圈缠绕在心轴上并将缠绕线圈变平成卷筒。

[0069] 图 18 为三个线圈绕组 (A、B、C) 在心轴 16 上卷绕为两个线圈组 12、14 (A1、B1、C1 和 A2、B2 和 C2) 的第四线圈绕组结构 70 的示意图。除了第二线圈组 (A2、B2 和 C2) 与第一线圈组 (A1、B1 和 C1) 在相同的方向上缠绕外,第四线圈绕组结构类似于图 1 所示的三个线圈绕组。相反,第一线圈绕组结构 10 的第二线圈组 (A2、B2 和 C2) 在与第一线圈组 (A1、B1 和 C1) 的线圈缠绕方向相反的方向上缠绕。第四线圈绕组结构适于用作四极转子的定子励磁绕组,而第一线圈绕组结构适于用作两极转子的定子励磁绕组。

[0070] 第四线圈绕组结构 70 包括缠绕在心轴 16 上的两组三个线圈 (A1、B1 和 C1- 组 72, 和 A2、B2 和 C2- 组 74), 同时每个线圈分开近似等于每个线圈的宽度 (W) 的间隙 (G)。胶带 18 放置在线圈的每侧上以将它们保持在一起。线圈 A1-A2、B1-B2 和 C1-C2 形成定子的三相励磁绕组单元以与四极转子一起使用。对于具有多于四极的转子,线圈组的数量应

当设定为等于极数的一半。例如,用于六极转子的定子应当具有由三个线圈组形成的定子励磁绕组,所述三个线圈组全都以相同的方向缠绕在心轴上。

[0071] 每个线圈组 12、14 通过以紧螺旋形方式缠绕电线而形成,其中在每个线圈绕组中,电线的每匝邻近下一匝。每个绕组的起始匝的端部分别由 SA、SB 和 SC 表示。每个线圈绕组的最后匝的端部分别由 EA、EB 和 EC 表示。在本领域中公知的自动绕线机构可以用于绕心轴自动地缠绕电线。每个绕组的电线首先在第一方向(由箭头表示的缠绕方向)上缠绕以形成线圈的第一组 12。第一线圈组包括预定匝数的电线,例如,25 至 250 匝。典型地,线匝贴着心轴表面以并行结构紧紧地包在一起以形成单层缠绕线圈。

[0072] 独立电线用于形成每个线圈绕组。如图 1 所示,三根绝缘电线(A、B、C)绕心轴缠绕。电线在相同的缠绕方向上缠绕以形成线圈的第一线圈组(A1、B1 和 C1)72、第二线圈组(A2、B2 和 C2)和(如果转子具有多于四个极)后续线圈组(A_n 、 B_n 和 C_n —未图示)。每个线圈 A、B、C 对应于绕心轴缠绕的独立的绝缘电线。每个线圈组,例如 A1、B1 和 C1 具有基本相同的绕组数使得每个线圈组的宽度和在每个线圈组中的匝数基本相等。相似地,对于线圈绕组中的所有线圈组,在一个线圈组中的每个线圈的宽度和匝数优选的是相等的。

[0073] 邻近线圈组之间的间隔,例如,线圈组 A1 的尾端和线圈组 B1 的首端之间的间隙(G)可以为线圈段的宽度(w)。当线圈变平成单层卷筒(见图 19)时,该间隙允许线圈段置于间隙中而不会重叠线圈。

[0074] 在线圈绕组(A1、B1、C1)的第一组缠绕之后和线圈绕组的下一组(A2、B2、C2)缠绕之前,从每个完成的线圈组 72 中延伸出的电导线沿着心轴轴向移动。轴向移动将电导线从完成的第一线圈组例如 A1 的尾端运动到待缠绕的第二线圈组例如 A2 的首端。对于具有两个线圈组的三相线圈,轴向移动的距离为线圈绕组段的宽度(W)的五(5)倍。

[0075] 对于具有除三相之外的多相线圈绕组和具有不同的线圈组数的多相线圈绕组,轴向移动将是不同的。一般来讲,从完成的线圈组 72 至新线圈组 74 的轴向移动为线圈组的数量的两倍乘以线圈绕组组数,再减去 1。该轴向移动算法将用于能够折叠成线圈的单层卷筒的绕组。

[0076] 图 19 显示了在将心轴去除之后的线圈绕组(在图 18 中所示)。将线圈变平成单层卷筒 76。为了确保线圈段的正确交叉。在变平过程期间,在线圈的第一侧上例如 A1 的段朝着在线圈的相反侧上选择的例如 B1' 和 C1' 的段之间的间隙中的位置轴向地移动。线圈段设置在卷筒中使得所述段(例如,A1'、B1'、A1、C1'、B1、A2'、C1、B2'、A2、C2'、B2 和 C2)是平行的并且不会重叠。线圈段 24、26(例如,A1、B1、C1、A1'、B1' 和 C1')为卷筒的将形成邻近转子的定子部分的部分。线圈段 24、26 将设置在定子中使得它们平行于转子的旋转轴。

[0077] 图 20 为形成为圆筒定子励磁绕组 78 的卷筒 76 的卷筒段的横截面图。卷筒被滚成具有交叉线圈段的圆筒形状。在卷筒端处的线圈段(A1')与其他的线圈段(B2 和 C2)交叉并且不会重叠这些其他段。圆筒形卷筒的内径基本为定子的内部直径的直径。定子段平行于圆筒的轴。四极转子(见在图 21 中由北、南、北、南极所表示的转子)同轴地安装在由卷筒 76 形成的圆筒形的定子励磁绕组 78 中。来自于每个线圈绕组(A、B、C)的线圈段设置在定子中使得电流在定子的相反侧上以相同的方向流动。

[0078] 图 21 显示了插入到提供了磁通回路的铁磁环 80 中的圆筒形定子励磁绕组 78。心

棒可以插入由线圈卷筒形成的圆筒的内周中以建立定子的内径 (ID)。此外,线圈绕组的端匝 28 紧紧地设置在每段的相反端 (定子的相反端) 上以最小化整个定子的高度。线圈利用包括模制的各种方式固定到回路环 80 中。卷筒和回路形成了无槽定子。圆筒形定子励磁绕组 78 可以包括在具有由转子电极北 (N)、南 (S)、北 (N) 和南 (S) 表示的旋转四极转子的电动机或发电机中。

[0079] 尽管结合当前认为最实用和最优选的实施例描述了本发明,但是应当理解的是本发明不局限于所公开的实施例,而是相反,本发明旨在覆盖包括在随附权利要求中的宗旨和范围内的各种改进和等效的配置。

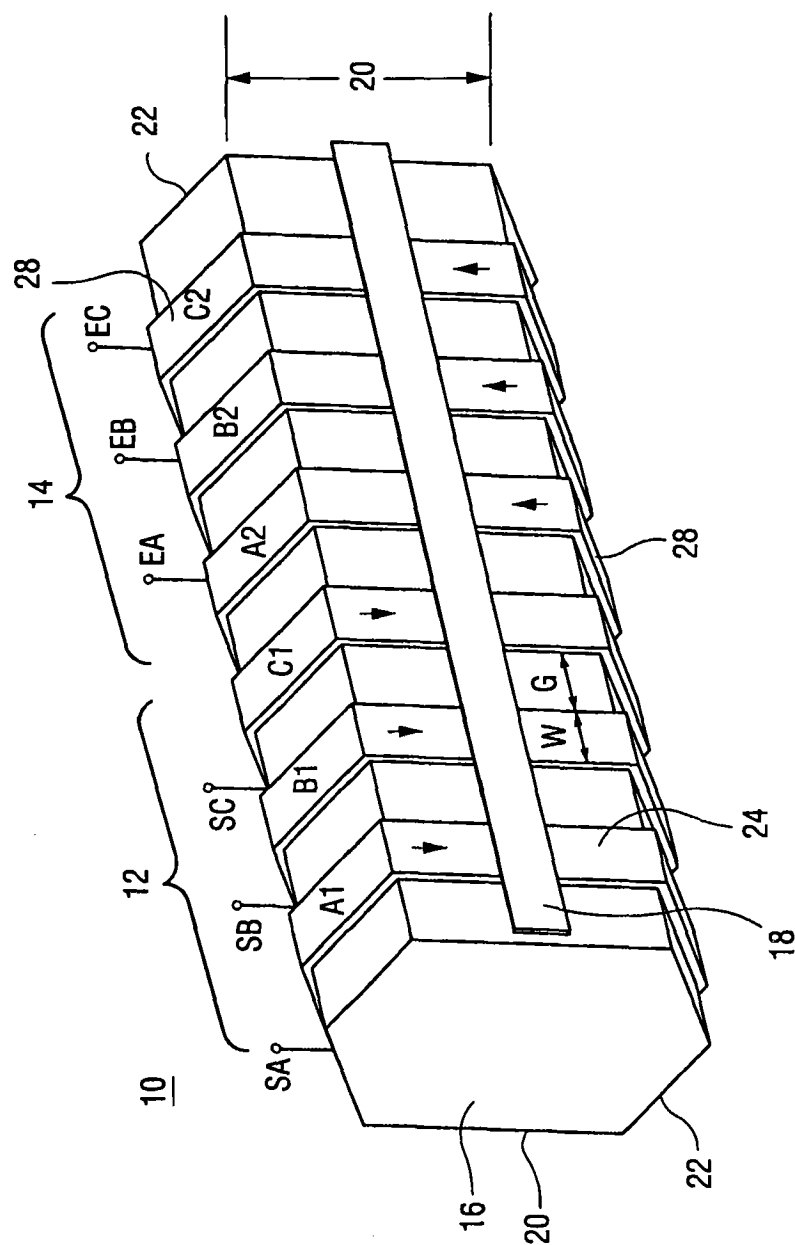


图 1

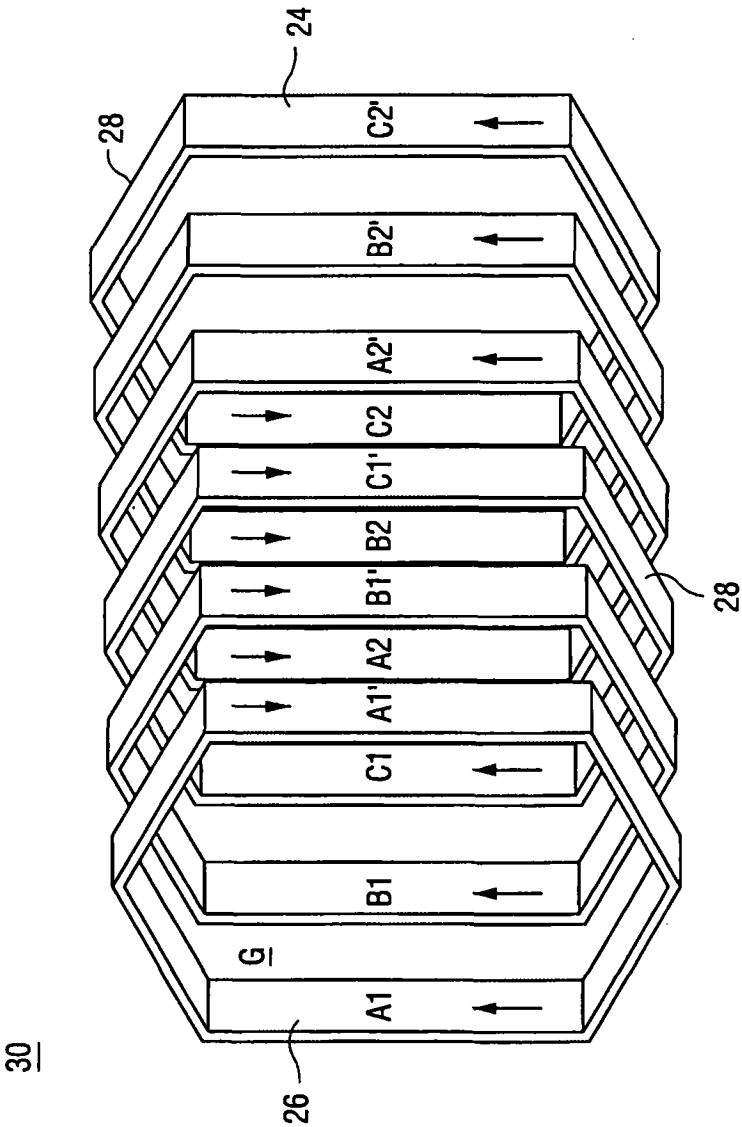


图 2

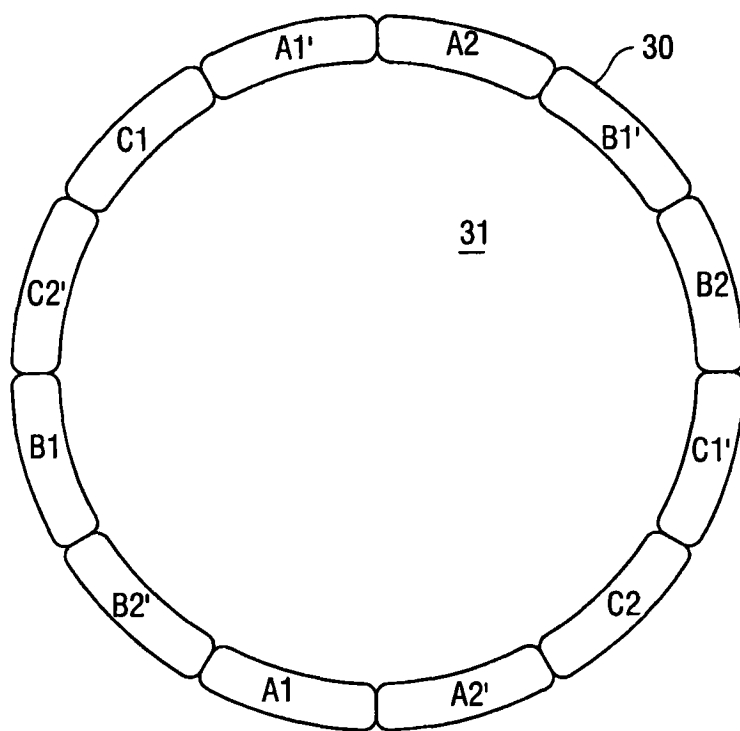


图 3

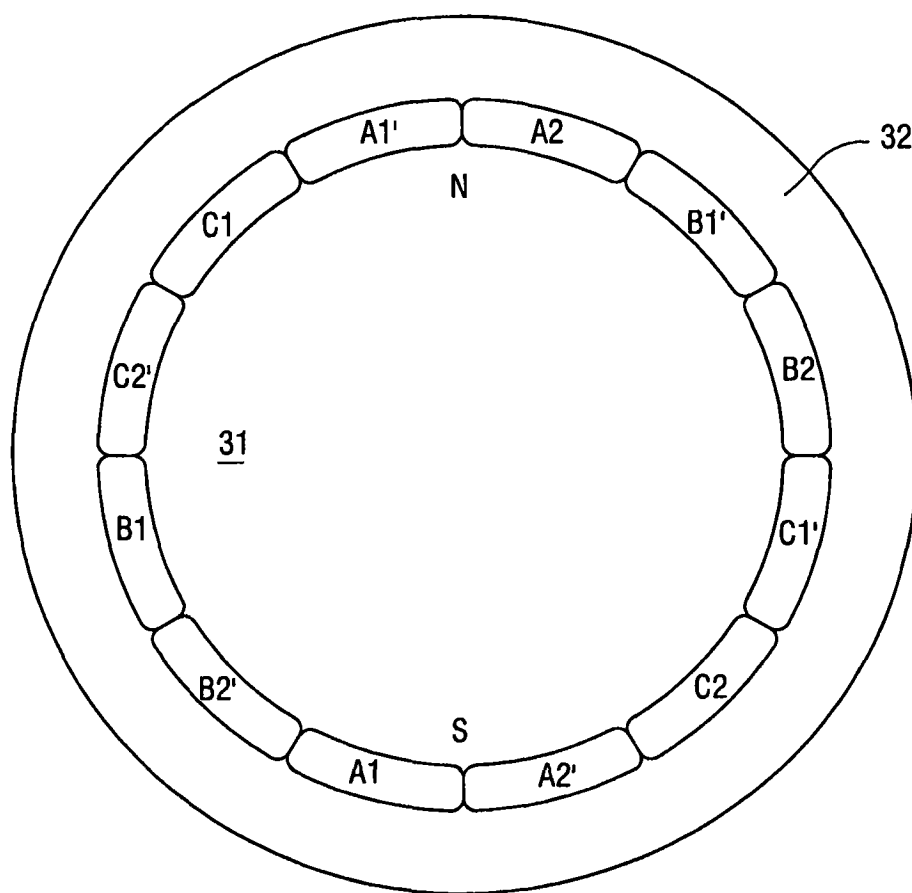


图 4

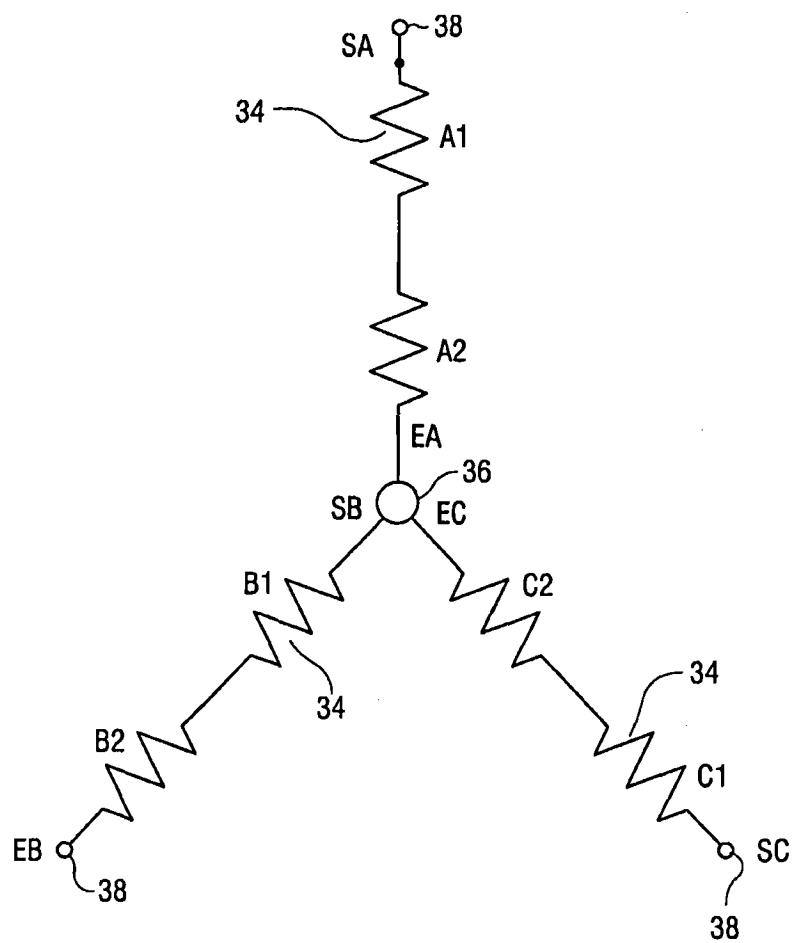


图 5

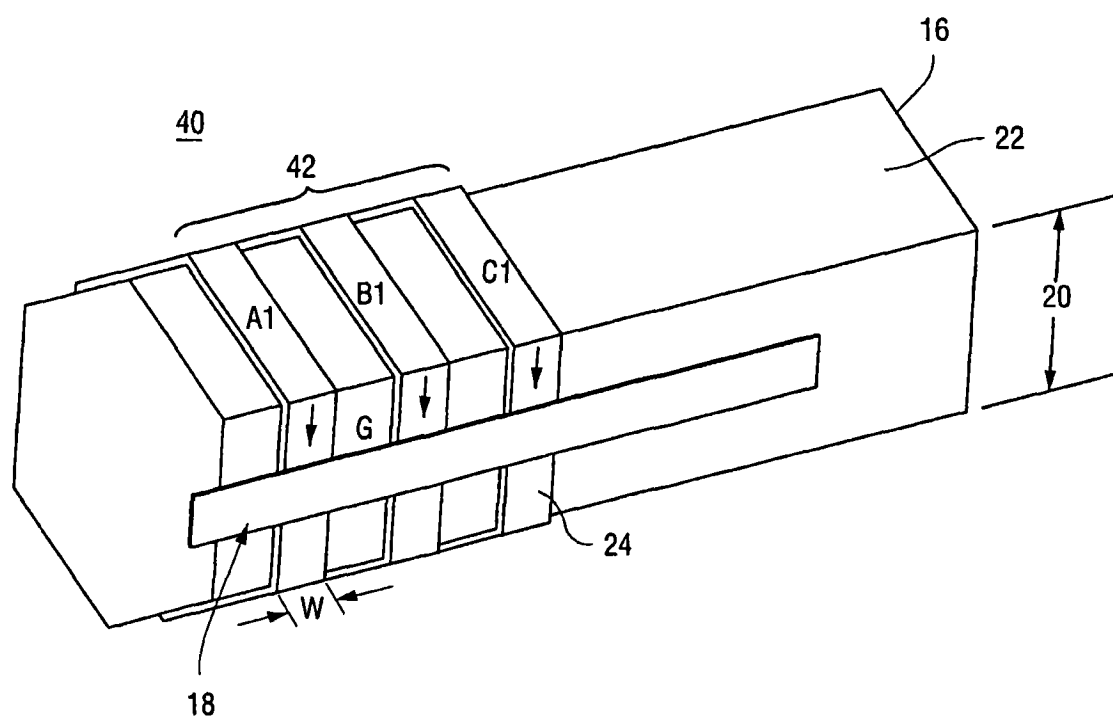


图 6

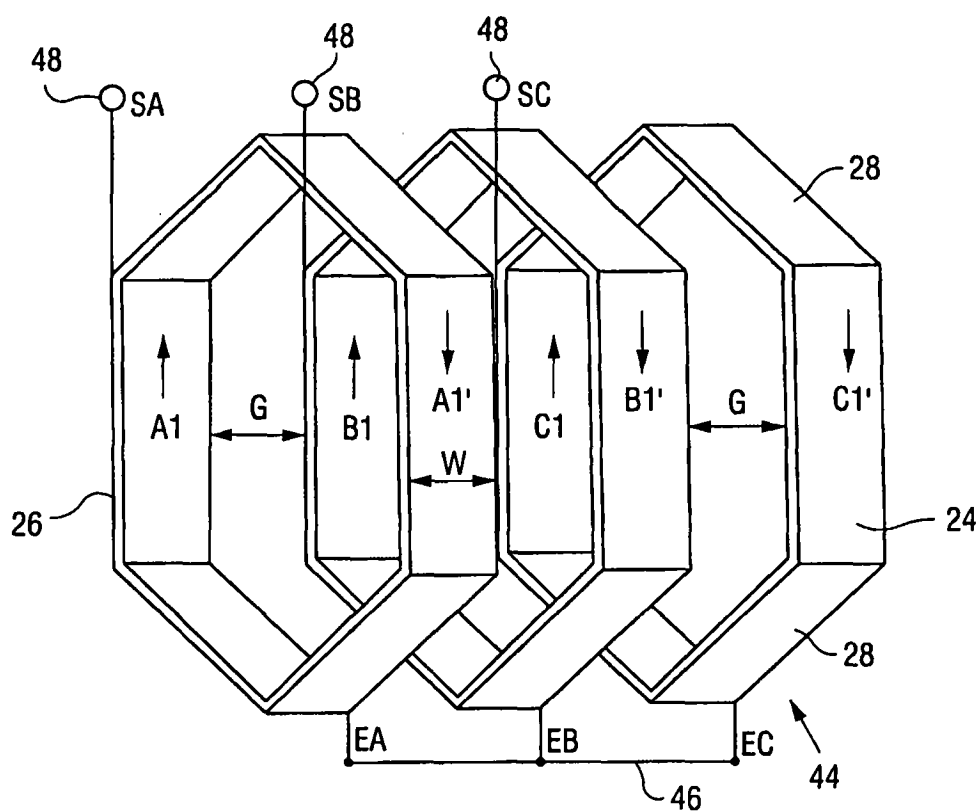


图 7

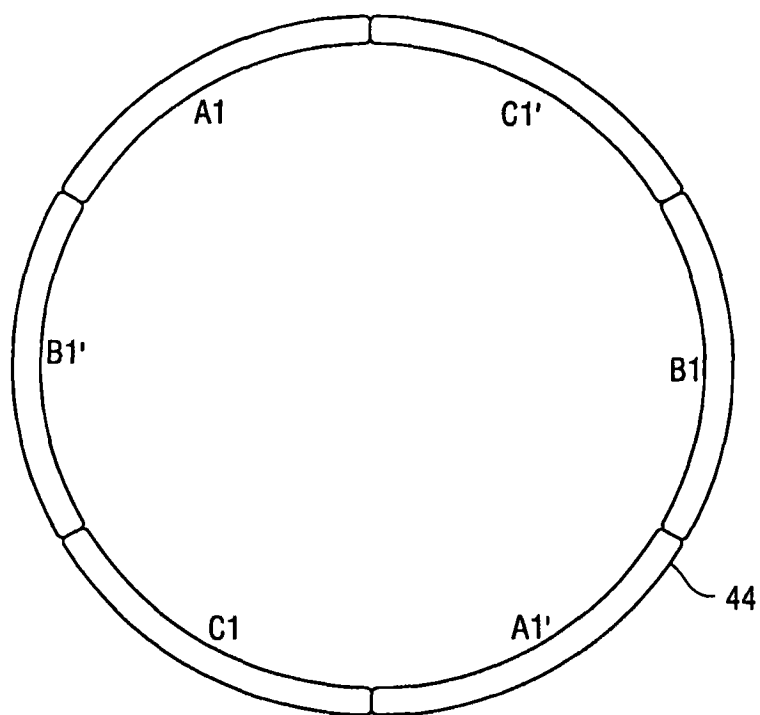


图 8

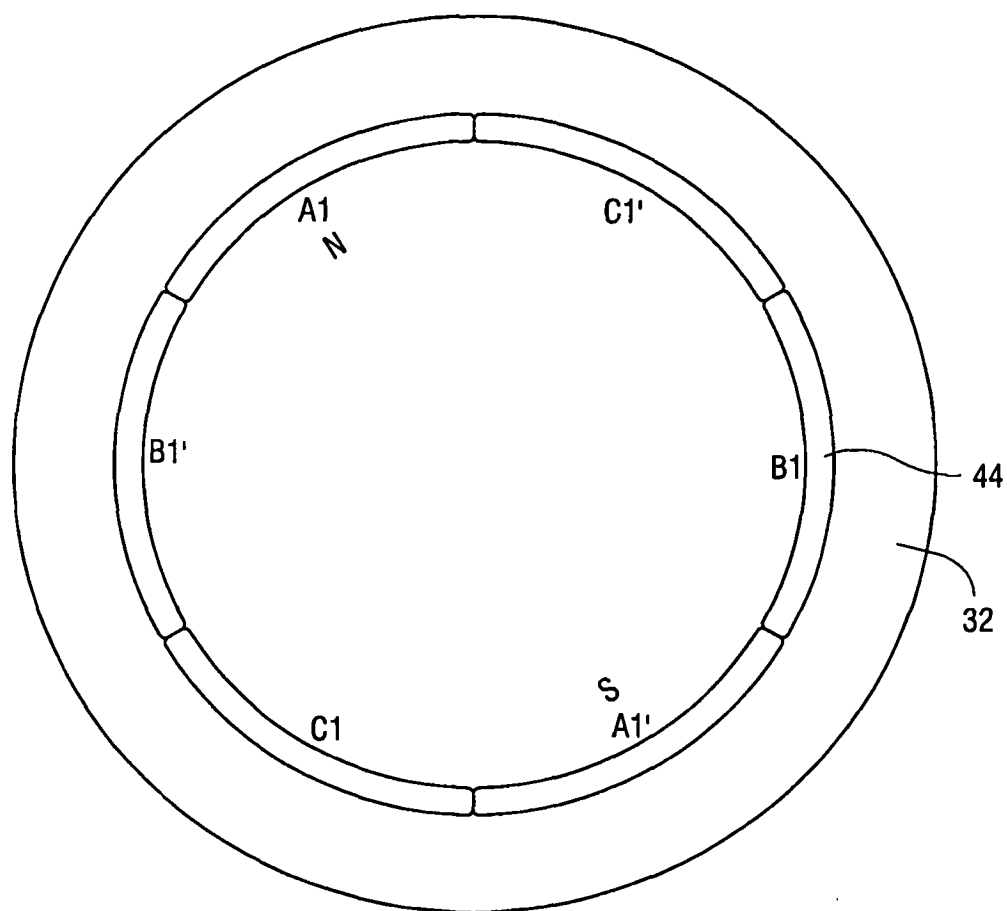


图 9

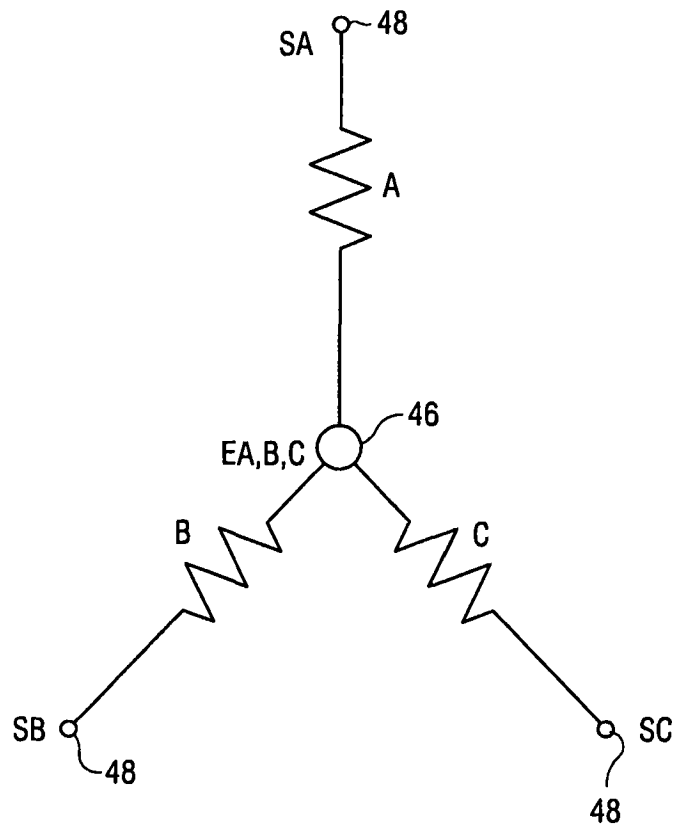


图 10

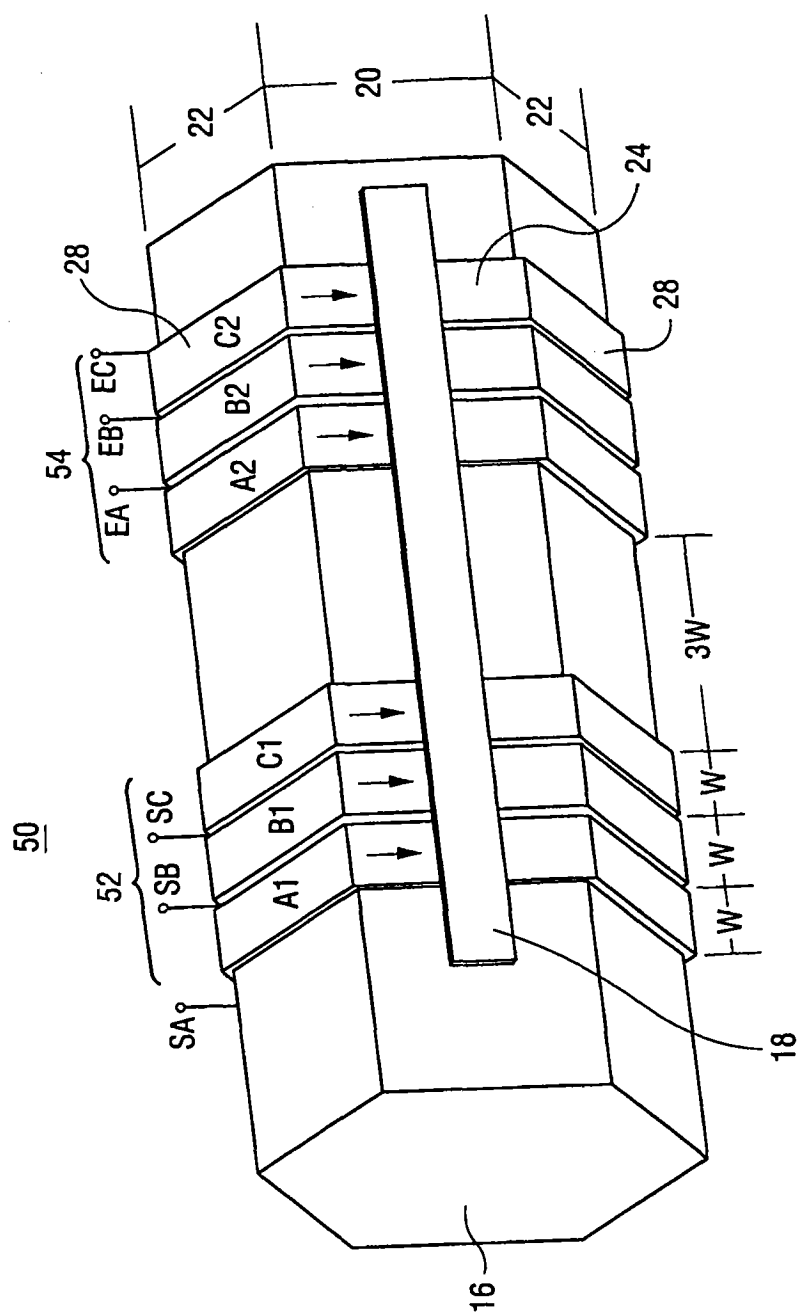


图 11

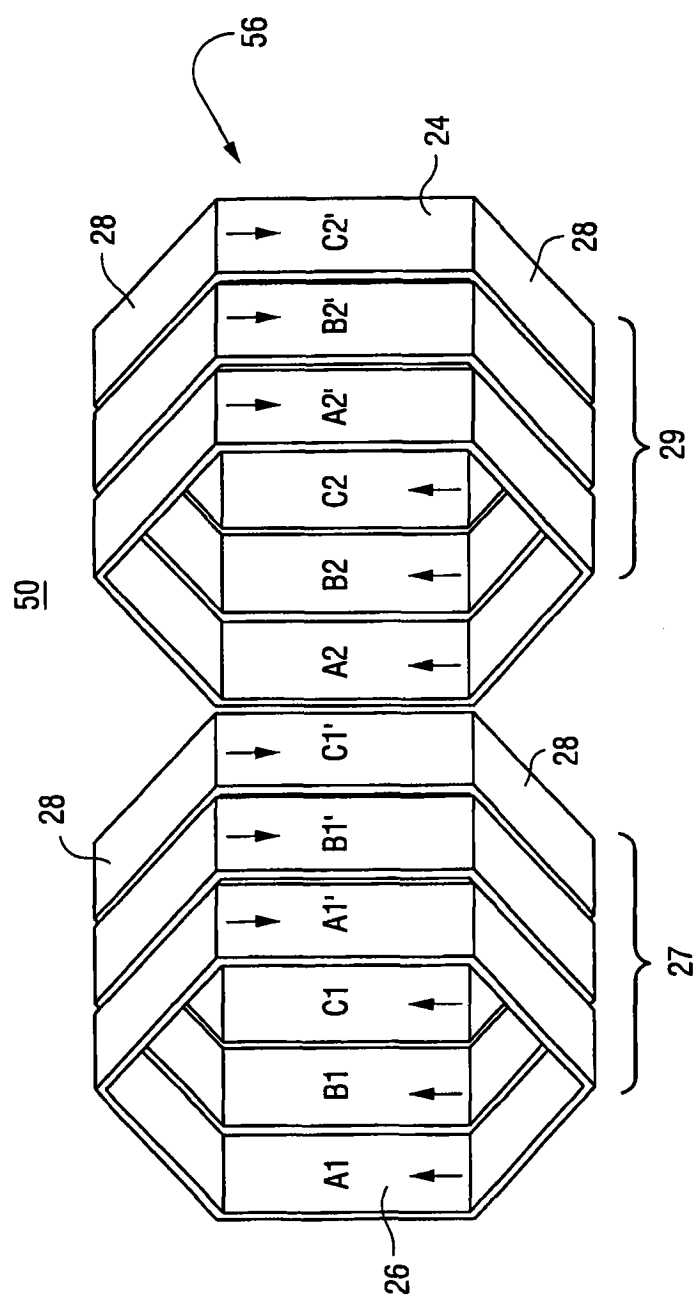


图 12

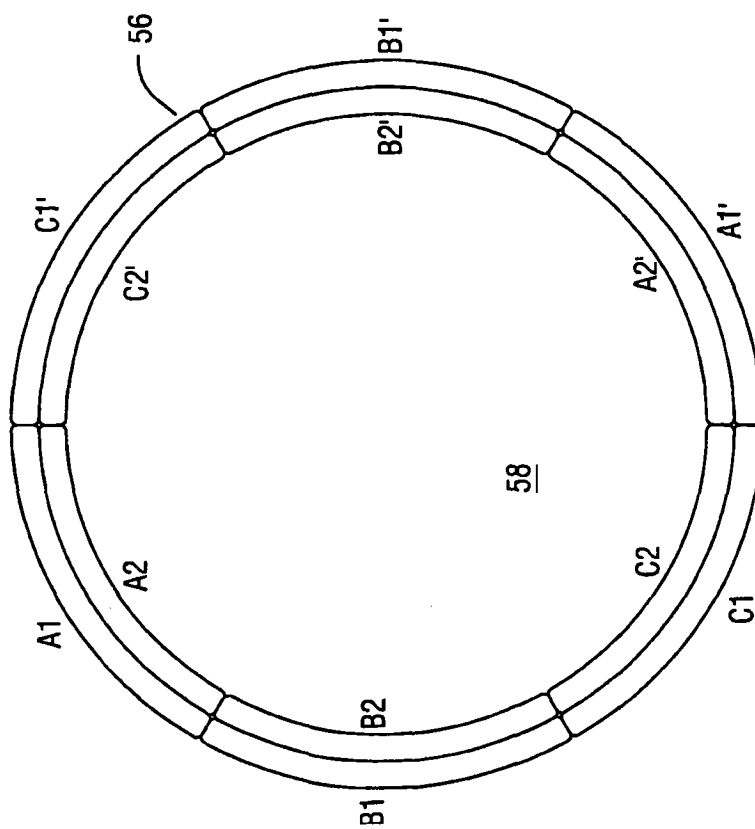


图 13

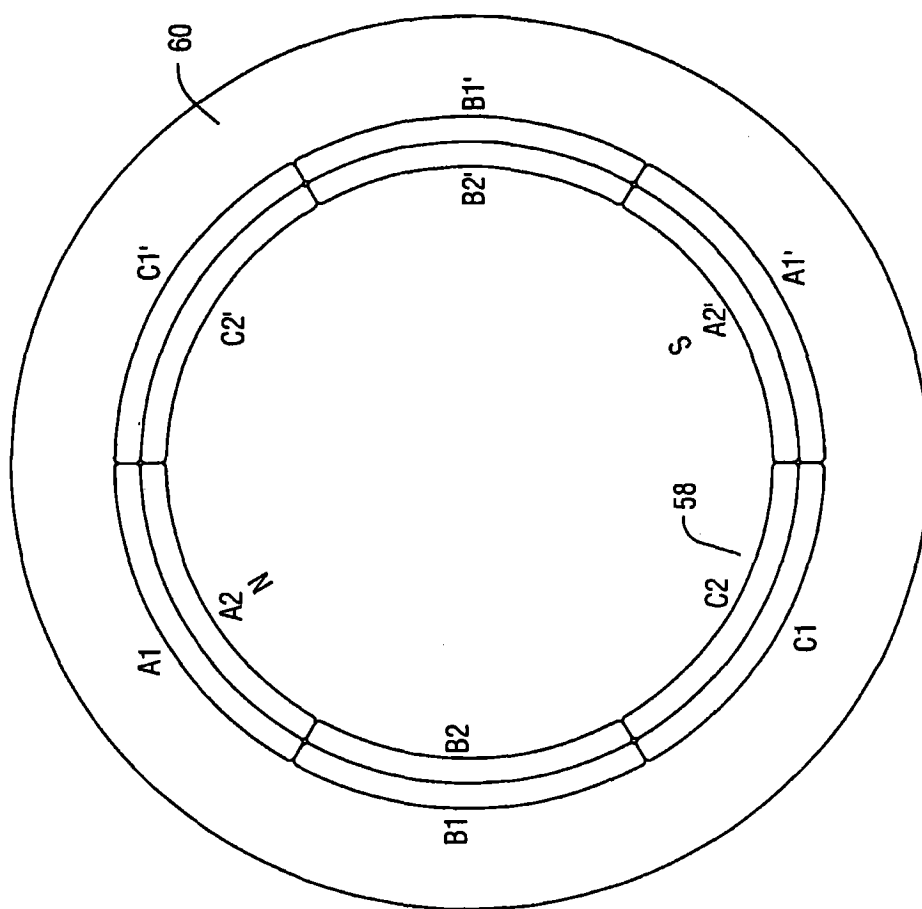


图 14

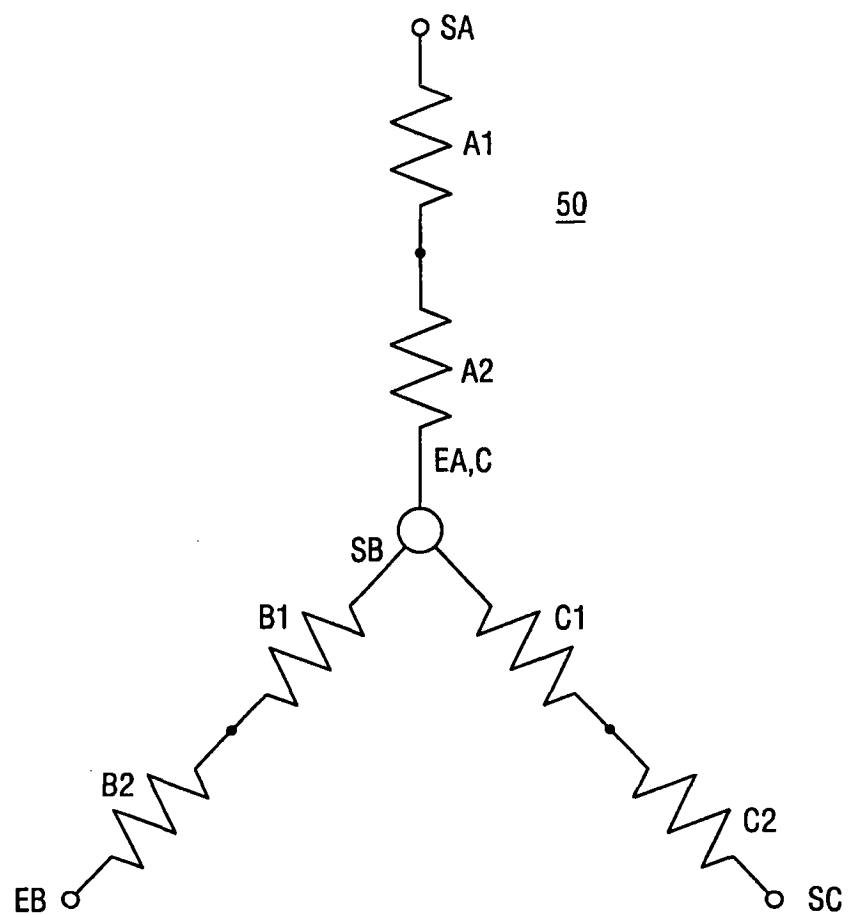


图 15

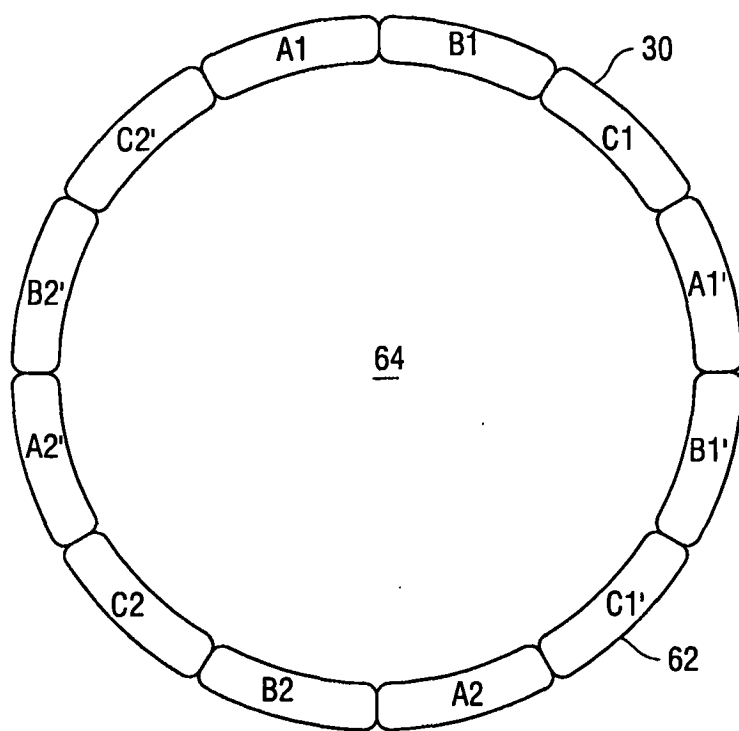


图 16

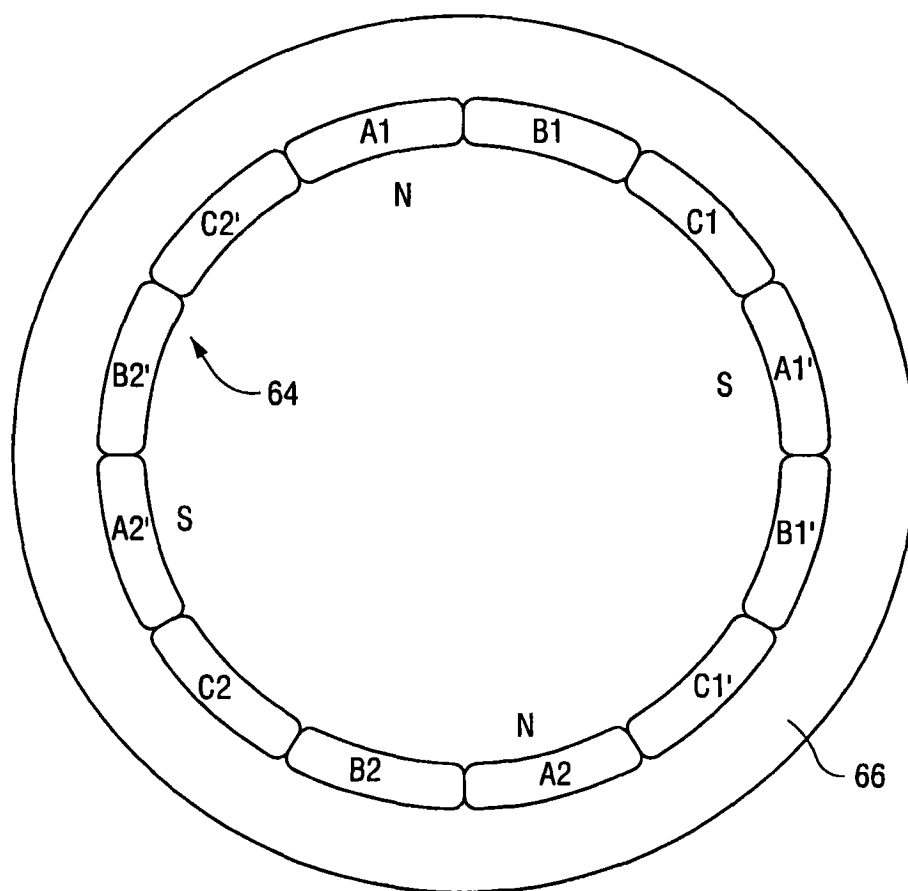


图 17

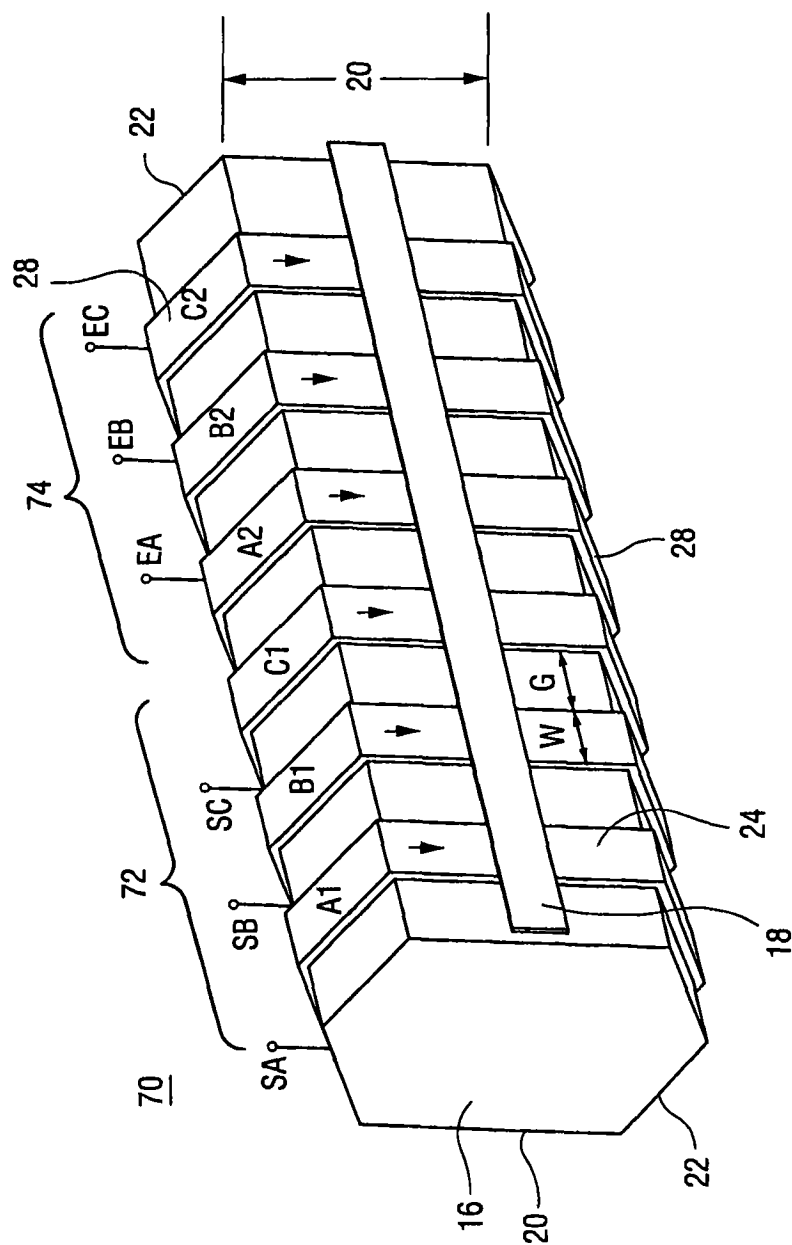


图 18

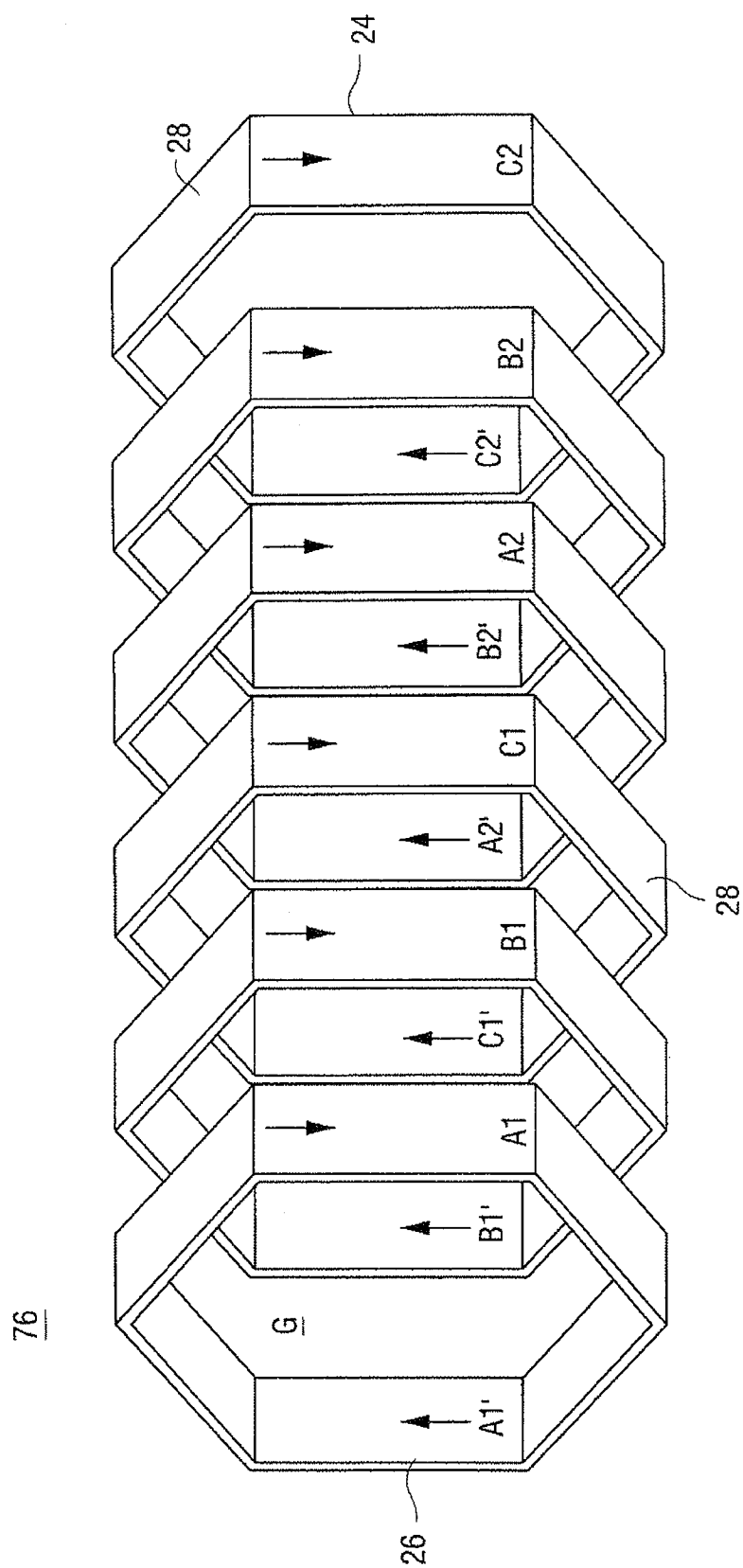


图 19

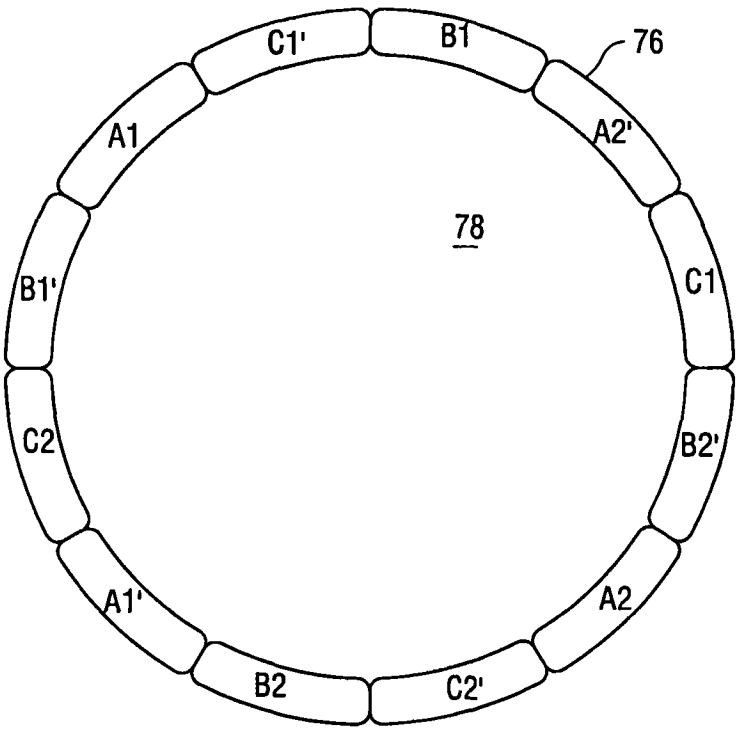


图 20

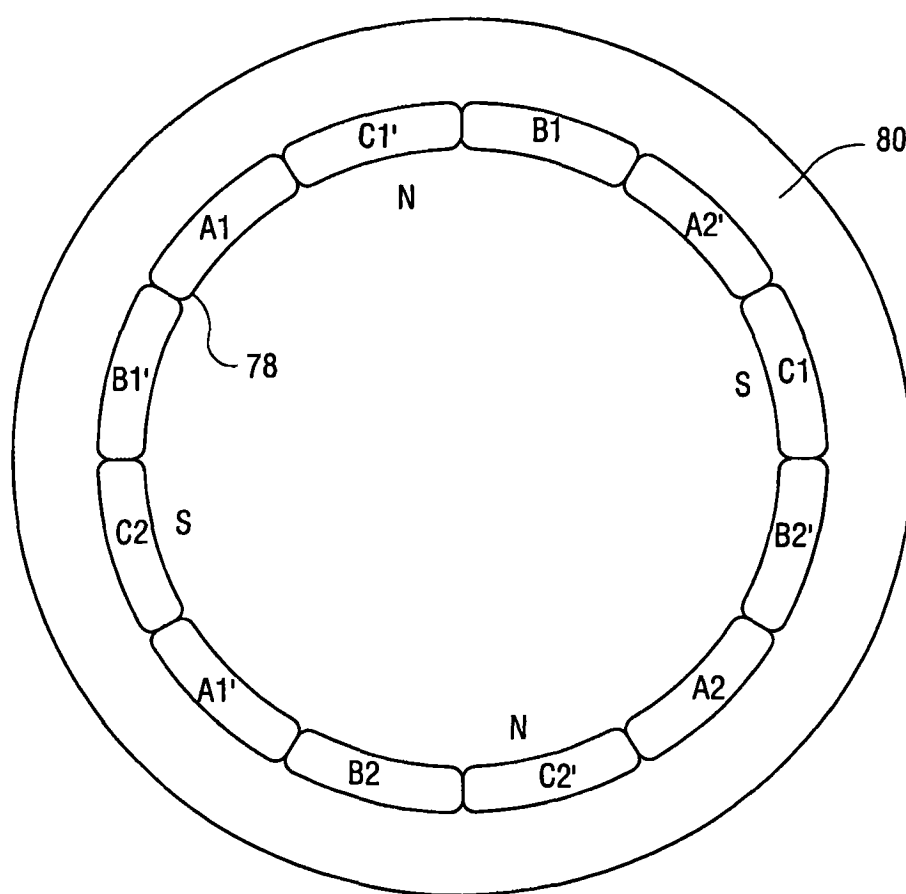


图 21