



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 102347648 B

(45)授权公告日 2016.08.31

(21)申请号 201110218620.9

H02K 3/28(2006.01)

(22)申请日 2011.07.22

(56)对比文件

(30)优先权数据

12/842142 2010.07.23 US

US 4459502 A, 1984.07.10,

US 2009/0072652 A1, 2009.03.19,

CN 1877965 A, 2006.12.13, 全文.

(73)专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

审查员 张颖超

(72)发明人 A·M·埃兰塔布利

A·M·F·埃尔-雷菲 R·D·金

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 张金金 朱海煜

(51)Int.Cl.

H02K 1/16(2006.01)

H02K 1/14(2006.01)

H02K 29/00(2006.01)

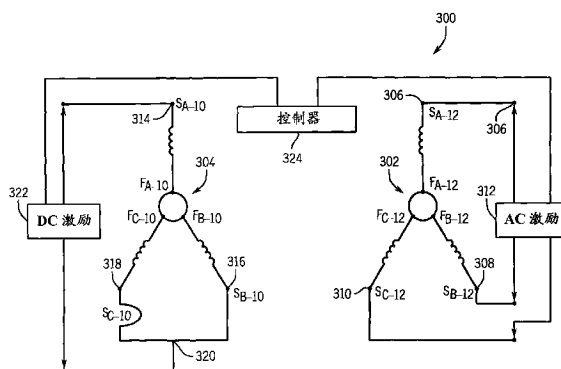
权利要求书1页 说明书5页 附图5页

(54)发明名称

高功率密度、高效率、非永磁体电机

(57)摘要

本发明涉及高功率密度、高效率、非永磁体电机。制造包括转子和定子的电机的系统和方法,其中该定子包括具有两组端子的分数槽集中绕组,其中第一组端子配置该分数槽集中绕组为具有第一极数(P1),并且其中第二组端子配置该分数槽集中绕组为具有不同于该第一极数(P1)的第二极数(P2)。



1. 一种电机,包括:

转子(200、210);以及

定子(100),其包括具有两组端子的分数槽集中绕组(102),所述两组端子各自电耦合到三相激励的第一相,其中第一组端子(306、308、310)配置所述分数槽集中绕组(102)为具有跨越仅所述三相激励的所述第一相的第一极数(P1),并且其中第二组端子(316、318)配置所述分数槽集中绕组(102)为具有小于所述第一极数(P1)的第二极数(P2)并且其中所述第一极数(P1)的极包括所述第二极数(P2)的极。

2. 如权利要求1所述的电机,进一步包括:

配置成供应电压给所述第一组端子(306、308、310)的第一能源(312);以及

配置成供应电压给所述第二组端子(316、318)的第二能源(322)。

3. 如权利要求2所述的电机,其中所述第一组端子(306、308、310)配置成接收AC电压并且所述第二组端子(316、318)配置成接收DC电压。

4. 如权利要求2所述的电机,进一步包括控制器(324),其配置成控制供应给所述第一组端子(306、308、310)的电压和供应给所述第二组端子(316、318)的电压。

5. 如权利要求1所述的电机,其中所述转子(200、210)是叠片式同步磁阻转子。

6. 如权利要求5所述的电机,其中所述转子(200、210)构建成不具有绕组、磁体、电刷或滑环。

7. 如权利要求5所述的电机,其中转子极数(P3)由下列等式确定:

$$P3 = (P1 + P2) / 2。$$

8. 如权利要求5所述的电机,其中转子极数(P3)由下列等式确定:

$$P3 = (P1 - P2) / 2。$$

9. 如权利要求1所述的电机,其中所述定子(100)包括十二(12)个槽。

10. 如权利要求1所述的电机,其中所述第一极数(P1)是十二并且所述第二极数(P2)是十。

高功率密度、高效率、非永磁体电机

技术领域

[0001] 本发明的实施例大体上涉及具有高功率密度的电机,并且更特别地涉及具有高效率 and 低成本的非永磁体电机。

背景技术

[0002] 对高功率密度和高效率电机(即,电动马达和发电机)的需要对于多种应用、特别对于混合动力和/或电动车辆牵引应用已经盛行很久。由于能量供应和环境原因,已经存在增大的动机来生产既非常高效又可靠甚至对于普通消费者合理地定价的混合动力-电动和/或电动车辆。然而,对于混合动力-电动和电动车辆可用的驱动马达技术一般是成本高昂的,由此减少消费者负担能力或制造商盈利能力中的一个(或两个)。

[0003] 因为已经发现内部永磁体(IPM)机在宽速度范围上具有高功率密度和高效率,并且也容易封装在前轮驱动车辆中,大多数商业可得到的混合动力-电动和电动车辆对于牵引应用依赖IPM电机。然而,为了获得这样高的功率密度,IPM机必须使用昂贵的烧结高能量乘积磁体。此外,IPM机以高速(例如,14,000rpm)运行以获得最佳功率密度,并且该高速运转导致高反电磁场(EMF)。这样的高反EMF要求使用高电压逆变器装置,其导致整体系统成本中的进一步增加。

[0004] IPM机还包含对高速运转敏感的错综复杂的转子和定子设计,由此增加它们的制造的复杂性和成本。例如,IPM机的定子一般使用三相分布绕组或发针矩形导线用于更高的槽填充(slot fill)。这些绕组使用常规自动绕组机生产是昂贵的。尽管可开发特殊的自动绕组机站来生产这样的绕组,这样的工装定制也是相当高成本的。分布绕组线圈还延伸超过它们缠绕在其上的定子铁芯,其对于在例如在电动和/或混合动力-电动车辆中存在的那些等紧密封装情况中使用可是不利的。

[0005] 此外,IPM机的转子通常具有一层或多层切口以实现磁体的插入,由此在磁体和转子的外表面之间留下薄桥。这些薄桥导致减弱的机械连接,其由于当转子以高速运转时的高离心力而可能是有问题的。

[0006] IPM机还需要定子和转子之间的小空隙(例如,0.02-0.03英寸)以便获得高功率密度和高效率。对小空隙的需要意味定子和转子两者必须以更严格的公差来制造,由此增加它们的建造的复杂性和成本。

[0007] IPM机的使用的另一个缺点是如果要获得高功率密度需要在转子中使用烧结磁体。这些烧结磁体不能结合并且必须插入未磁化的转子通道,其后胶粘磁体并且平衡组装的转子。转子然后“落”入定子,组装IPM机,并且其后磁体使用专用的磁化器具(magnetizing fixture)单独磁化。该转子建造的工艺不容易自动化,再次增加制造IPM机的总费用。

[0008] 至少由于上文阐述的原因,制造和维护IPM机的高成本总的来说限制了混合动力-电动和电动车辆的商业化和电动驱动马达技术的采用两者。

[0009] 在解决对更加成本高效和低维护的混合动力-电动和电动技术的需要中,已经做

出许多努力来开发新电池和逆变器技术。然而,如上文证明的,在混合动力-电动和电动驱动技术变得完全商业可行之前,仍然存在对改进的和成本有效的驱动马达技术的巨大需要。

[0010] 因此提供具有高功率密度、高效率和相对低成本的非永磁体电机将是可取的。

发明内容

[0011] 本发明针对包括转子和定子的电机,该定子包括具有两组端子的分数槽集中绕组,其中第一组端子配置该分数槽集中绕组为具有第一极数(P1),并且其中第二组端子配置该分数槽集中绕组为具有不同于该第一极数(P1)的第二极数(P2)。

[0012] 根据本发明的另一个方面,同步磁阻电机示出包括:具有分数槽集中绕组的定子,耦合于该分数槽集中绕组使得该分数槽集中绕组具有第一极数(P1)的第一组端子,以及耦合于该分数槽集中绕组使得该分数槽集中绕组具有第二极数(P2)的第二组端子,其中该第二极数(P2)小于该第一极数(P1)。该同步磁阻电机还包括耦合于该第一组端子的交流(AC)电源、耦合于该第二组端子的直流(DC)电源和同步磁阻叠片式转子。

[0013] 根据本发明的另一个方面,示出制造电机的方法,该方法包括:形成具有分数槽集中绕组的定子、形成耦合于该分数槽集中绕组的具有第一极数(P1)的第一组端子以及形成耦合于该分数槽集中绕组的具有第二极数(P2)的第二组端子的步骤。该方法还包括将该第一组端子耦合于第一能源,将该第二组端子耦合于第二能源,形成同步磁阻叠片式转子,以及将该同步磁阻叠片式转子设置在该定子内。

[0014] 将从下列详细描述和图使各种其他特征和优势明显。

附图说明

[0015] 图图示目前考虑用于执行本发明的实施例。

[0016] 在图中:

[0017] 图1图示根据本发明的实施例的定子的横截面视图。

[0018] 图2A图示根据本发明的实施例的转子的横截面视图。

[0019] 图2B图示根据本发明的另一个实施例的转子的横截面视图。

[0020] 图3是根据本发明的实施例的定子绕组配置的示意图。

[0021] 图4是根据本发明的实施例的定子绕组配置的平坦化布局。

具体实施方式

[0022] 示出系统以提供高功率密度、高效率和相对低成本的电机用于在多种应用中使用,其包括电动和混合动力-电动车辆牵引应用。

[0023] 尽管对驱动马达和发电应用两者已经利用许多类型的电机,高速和高功率密度应用(例如电动和混合动力-电动车辆牵引应用)的选项典型地受成本和/或性能约束限制。如之前指出的,许多电动和混合动力-电动车辆利用内部永磁体(IPM)电机,其既生产成本高又在高速时冒机械故障的风险。然而,本发明的实施例包含装备有用于高功率密度运转的分数槽集中绕组的同步磁阻电机,而没有之前在工业中存在的成本或性能约束。

[0024] 图1图示根据本发明的实施例的同步磁阻电机的定子100的横截面视图,其中定子

100装备有单个分数槽集中绕组102。定子100包括多个齿104、多个槽106和护铁区108。图1示出定子100具有十二(12)个齿104和十二(12)个槽106。尽管要理解在定子100的该建造中可利用更多或更少的齿104和槽106,在选择齿104和槽106的数目中必须考虑在宽速度范围上的最佳性能和制造的容易度。尽管更少的齿104和槽106可简化定子100的建造,该同步磁阻电机在高速时的性能可能因此受损。

[0025] 分数槽集中绕组102绕每个齿104设置使得每个齿104有三(3)个线圈,如在图1中示出的。因此,在定子100中存在总共三十六(36)个线圈(代表三相)。如将在下文进一步详细阐述的,分数槽集中绕组102配置成具有两个单独的极数(P1和P2),其通过耦合于分数槽集中绕组102的两个单独组的端子来实现。采用该方式,具有单个唯一分数槽集中绕组102的同步磁阻电机实现一个极数(即,P1)的AC激励和另一个极数(即,P2)的DC激励。

[0026] 现在参照图2A和2B,示出根据本发明的实施例的两个单独的同步磁阻转子配置。该同步磁阻转子可用钢叠片(用于更高的功率密度)或用软磁材料(用于中等功率密度)建造。

[0027] 首先,参照图2A,示出根据本发明的实施例的轴向叠片式同步磁阻转子200。如同所有同步磁阻电机,转子200大小适合于并且配置成设置在图1中示出的定子100的轴向开口内。转子200是具有多个转子极202的同步磁阻叠片式转子。转子200包括由多个空隙206分开的多个轴向叠片204。作为在同步磁阻电机中典型的那样,转子极202的数目小于定子极的数目以便最小化转矩脉动并且防止转子和定子极的同时对准。在本发明的实施例中,转子的转子极的数目(P3)可由等式确定:

[0028] $P3 = (P1 + P2) / 2$ (等式1)从而,如果定子的第一极数(P1)是十二(12)并且定子的第二极数(P2)是十(10),转子200的凸极(P3)的数目等于十一(11)。图2A图示根据本发明的实施例具有十一(11)个转子极202的转子200。转子极202的数目基于等式1的确定对于同步磁阻电机的慢速应用(例如,5000rpm或更少)是理想的。

[0029] 在另一方面,对于高速应用(例如,5000至15,000rpm),已经发现转子的转子极(P3)的理想数目可由等式确定:

[0030] $P3 = (P1 - P2) / 2$ (等式2)在这样的高速应用中,定子的极数(P1和P2)一般分别大于十二(12)和十(10),并且从而定子具有极高数而转子具有相对低的极数。定子和转子之间的极数中的这样的差别允许定子护铁中的显著减少,其进而可减少电机的整体体积和重量。

[0031] 作为在图2A中示出的轴向叠片式转子200的备选项,图2B图示根据本发明的另一个实施例的同步磁阻转子210。同步磁阻转子210配置为常规同步磁阻转子,其具有多个沿转子210的长度轴向分布的转子叠片212,在每个转子叠片212中具有间断的空隙214以便限定转子极的数目。如同在图2A中示出的转子200,图2B图示根据本发明的实施例具有十一(11)个转子极的转子210。转子极的数目的确定可再次基于上文阐述的等式1或等式2,并且要理解更少或更多转子极是可能的。

[0032] 因为转子200和转子210两者建造而不具有绕组、磁体、电刷或滑环,制造这样的转子的成本和复杂性大大减小,特别与在其他类型的电机(例如,IPM电机)中使用的转子相比之下。此外,因为转子200和210优选地是叠片式转子,它们可设计成具有相对大的直径并且在高速应用中是可运转的。这样的建造提升同步磁阻电机的效率并且避免在IPM电机中使

用的转子中固有的结构限制。

[0033] 参照图3,图3示出了根据本发明的实施例的定子集中绕组配置300。图3示出了单个集中绕组(即,在图1中示出的集中绕组102)的两个平衡的Y字形连接303、304,其中每个Y字形连接302、304代表不同的极数。该集中绕组缠绕成关于端子306、308、310形成第一极数(P1)。在图3中的第一极数(P1)示出是十二(12)个极,但要理解该第一极数(P1)可以更大或更小。交流(AC)电源312耦合于端子306、308、310以便向该集中绕组的十二(12)个极提供三相AC激励。

[0034] 相同的集中绕组还具有三个另外的端子314、316、318,其包括在关于Y字形连接304的第二组端子中。该第二组端子形成定子的分数槽集中绕组的第二极数(P2)。第二极数(P2)在图3中示出为十(10)个极,但第二极数(P2)根据本发明的实施例可以(像第一极数(P1))更大和更小。尽管示出三个端子314、316、318,端子316和318在点320连接在一起。利用这样的连接,直流(DC)电源322耦合于端子314和点320以向集中绕组的十(10)个极提供DC激励。

[0035] AC电源312和DC电源322可进一步耦合于控制器324,其中控制器324配置成控制AC电源312和DC电源322两者的时序和运转。例如,在电机的初始加速期间可仅利用AC电源312,而当电机接近同步速度时可利用DC电源322。取决于在任何给定时刻需要的转矩,控制器324配置成确定是采用用于同步运转的可变AC和DC电压还是采用两个不同频率来对两组端子馈电。

[0036] 通过利用在图3中示出的配置,相同分数槽集中绕组的同时十二(12)个极的AC激励和十(10)个极的DC激励是可能的。从而,对于每相(例如,相A、B和C),定子的十(10)个极将具有AC分量和DC分量,而两(2)个极仅接收AC激励。这样,具有高功率密度、高效率 and 简化的建造的同步磁阻电机是可能的。

[0037] 图4示出如上文关于图1和图3两者论述的定子和分数槽集中绕组的平坦化布局400。再一次,如示出的定子具有十二(12)个齿402和十二(12)个槽404。还示出单个集中绕组406,其中集中绕组406绕每个齿402缠绕。为了图示的简单性,在图4中仅示出相A绕组,但要理解相B和相C绕组同样地配置具有适当的相移。

[0038] 两个单独组的端子耦合于集中绕组406。相A绕组的端子408和端子410(也分别表示为 S_{A-10} 和 S_{A-12})共享集中绕组406上的相同起点。然而,两个其他端子(412、414)具有单独的结束点(也分别表示为 F_{A-10} 和 F_{A-12})。如可以在图4中容易看见的,端子412使集中绕组406能够是十(10)极绕组,而端子414使相同集中绕组406还能够是十二(12)极绕组。如上文关于图3论述的,一组端子(即,端子410、414)可接收AC激励,而第二组端子(即,端子408、412)可接收DC激励。这样,除DC分量外,集中绕组406的十(10)个极可具有AC分量,而剩下的两(2)个极将仅具有AC分量。这样的配置大大简化与同步磁阻电机关联的建造和成本。

[0039] 通过利用上文本发明的实施例,可以实现高功率密度、高效率 and 低成本电机而不在定子和/或转子上使用永磁体。如之前指出的,IPM机以高速(例如,14,000rpm)运行以获得最佳功率密度,并且该高速运转导致高反电磁场(EMF)。这样的高反EMF要求使用高电压逆变器装置,其导致整体系统成本中的进一步增加。本发明的实施例避免这样的对高电压逆变器装置的需要,因为该反EMF可以比IPM机的反EMF更容易控制。从而,不仅定子和转子的制造成本可以使用本发明的实施例而减少,而且还可以避免高成本的高电压逆变器装置

的使用。

[0040] 另外,系统的无源转子(其缺少转子绕组、磁体或电刷)简单地建造并且对高速环境不敏感,这在电动和混合动力-电动车辆应用中是特别重要的。

[0041] 此外,电机的同步磁阻运转消除对电刷和/或滑环的需要,电刷和/或滑环在许多电机中常常造成可靠性问题。同样,如之前指出的,分数槽集中绕组配置不仅简化电机的建造而且还能够减少电机的整体体积,从而使电机更适合要求紧密封装情况的应用(例如,电动和混合动力-电动牵引应用)。

[0042] 因此,根据本发明的一个实施例,电机包括转子和定子,该定子包括具有两组端子的分数槽集中绕组,其中第一组端子配置该分数槽集中绕组为具有第一极数(P1),并且其中第二组端子配置该分数槽集中绕组为具有不同于该第一极数(P1)的第二极数(P2)。

[0043] 根据本发明的另一个实施例,同步磁阻电机示出包括:具有分数槽集中绕组的定子,耦合于该分数槽集中绕组使得该分数槽集中绕组具有第一极数(P1)的第一组端子,以及耦合于该分数槽集中绕组使得该分数槽集中绕组具有第二极数(P2)的第二组端子,其中该第二极数(P2)小于该第一极数(P1)。该同步磁阻电机还包括耦合于该第一组端子的交流(AC)电源、耦合于该第二组端子的直流(DC)电源和同步磁阻叠片式转子。

[0044] 根据本发明的再另一个实施例,示出制造电机的方法,该方法包括形成具有分数槽集中绕组的定子、形成耦合于该分数槽集中绕组的具有第一极数(P1)的第一组端子以及形成耦合于该分数槽集中绕组的具有第二极数(P2)的第二组端子的步骤。该方法还包括将该第一组端子耦合于第一能源,将该第二组端子耦合于第二能源,形成同步磁阻叠片式转子,以及将该同步磁阻叠片式转子设置在该定子内。

[0045] 该书面说明使用示例以公开本发明,其包括最佳模式,并且还使本领域内技术人员能够实践本发明,包括制作和使用任何装置或系统和执行任何包含的方法。本发明的专利范围由权利要求限定,并且可包括本领域内技术人员想到的其他示例。这样的其他示例如果它们具有不与权利要求的书面语言不同的结构元件,或者如果它们包括与权利要求的书面语言无实质区别的等同结构元件则规定在权利要求的范围内。

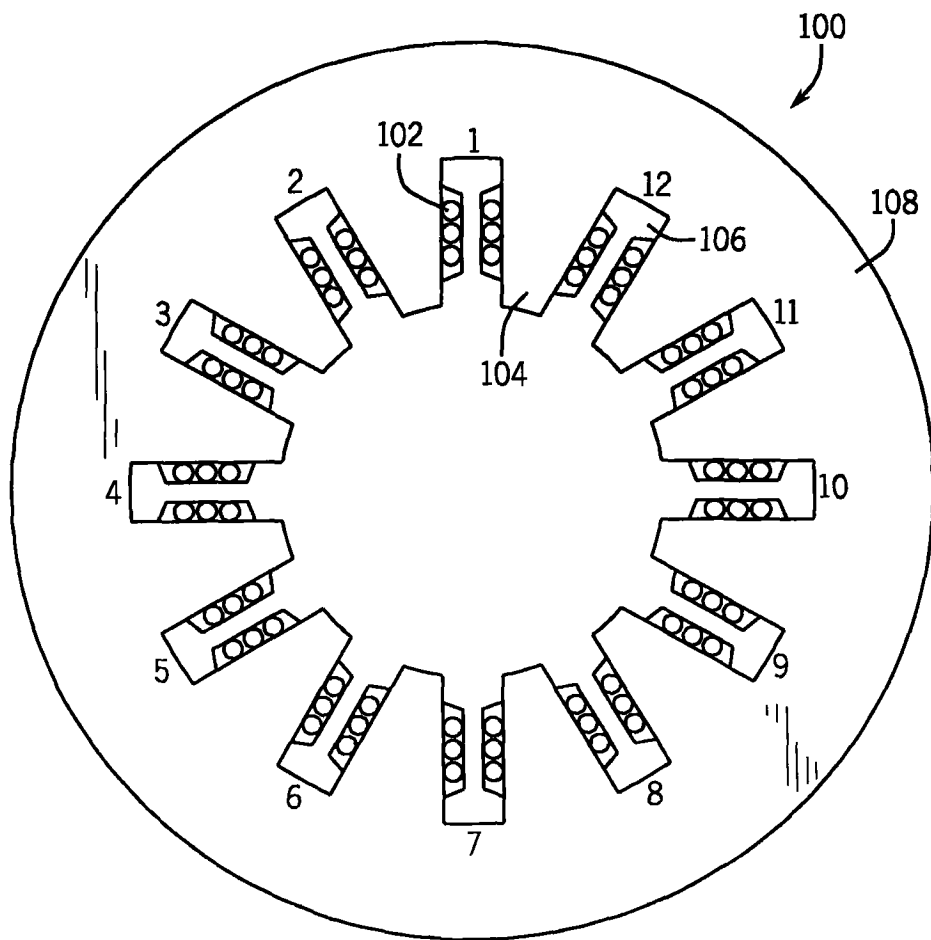


图1

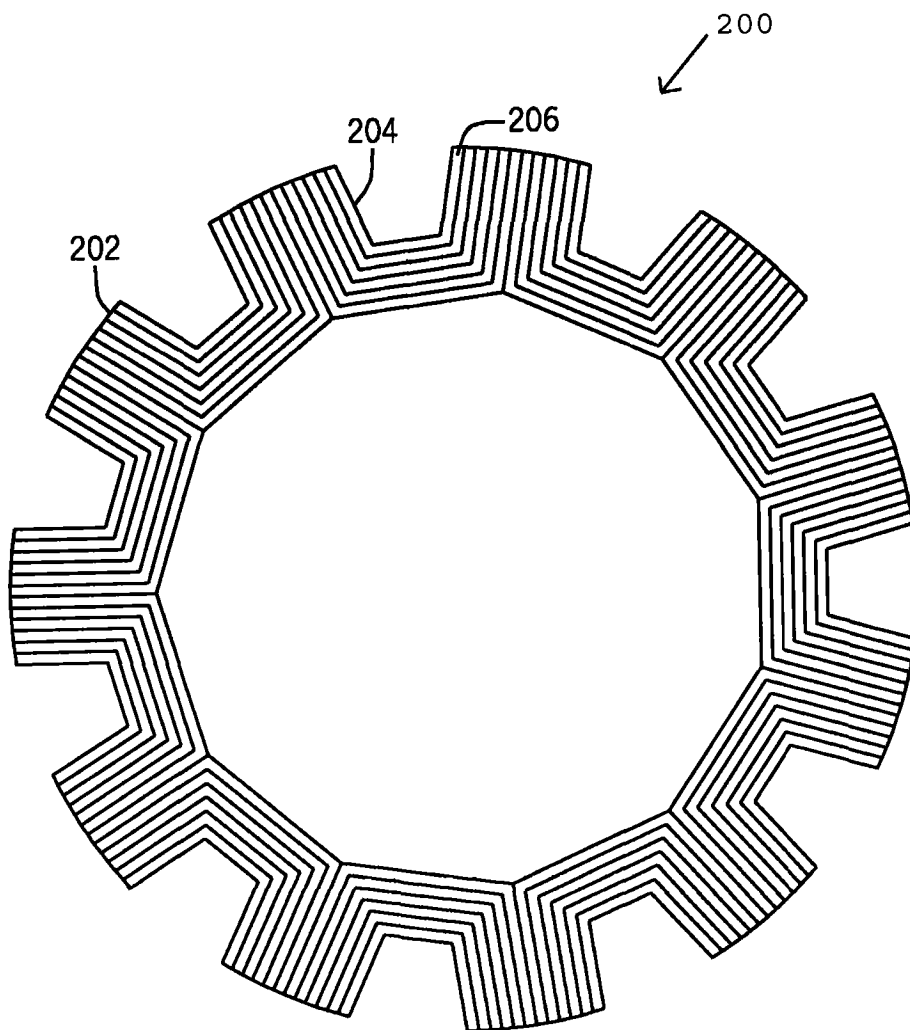


图2A

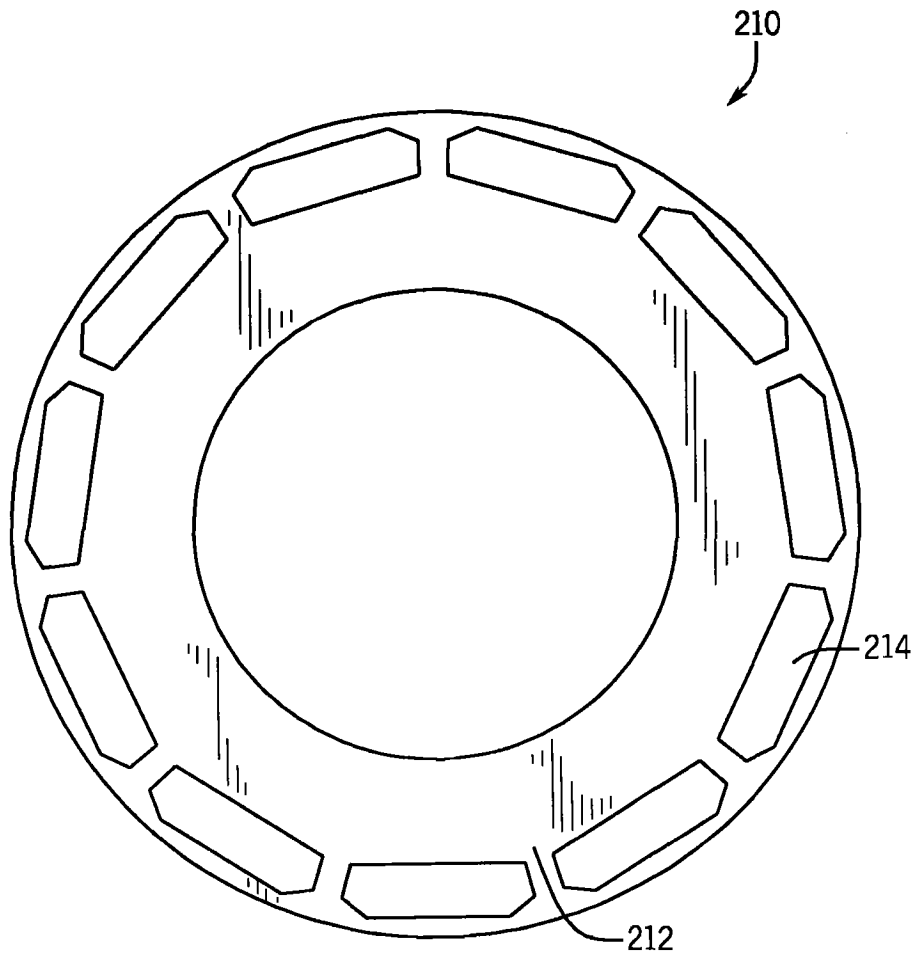


图2B

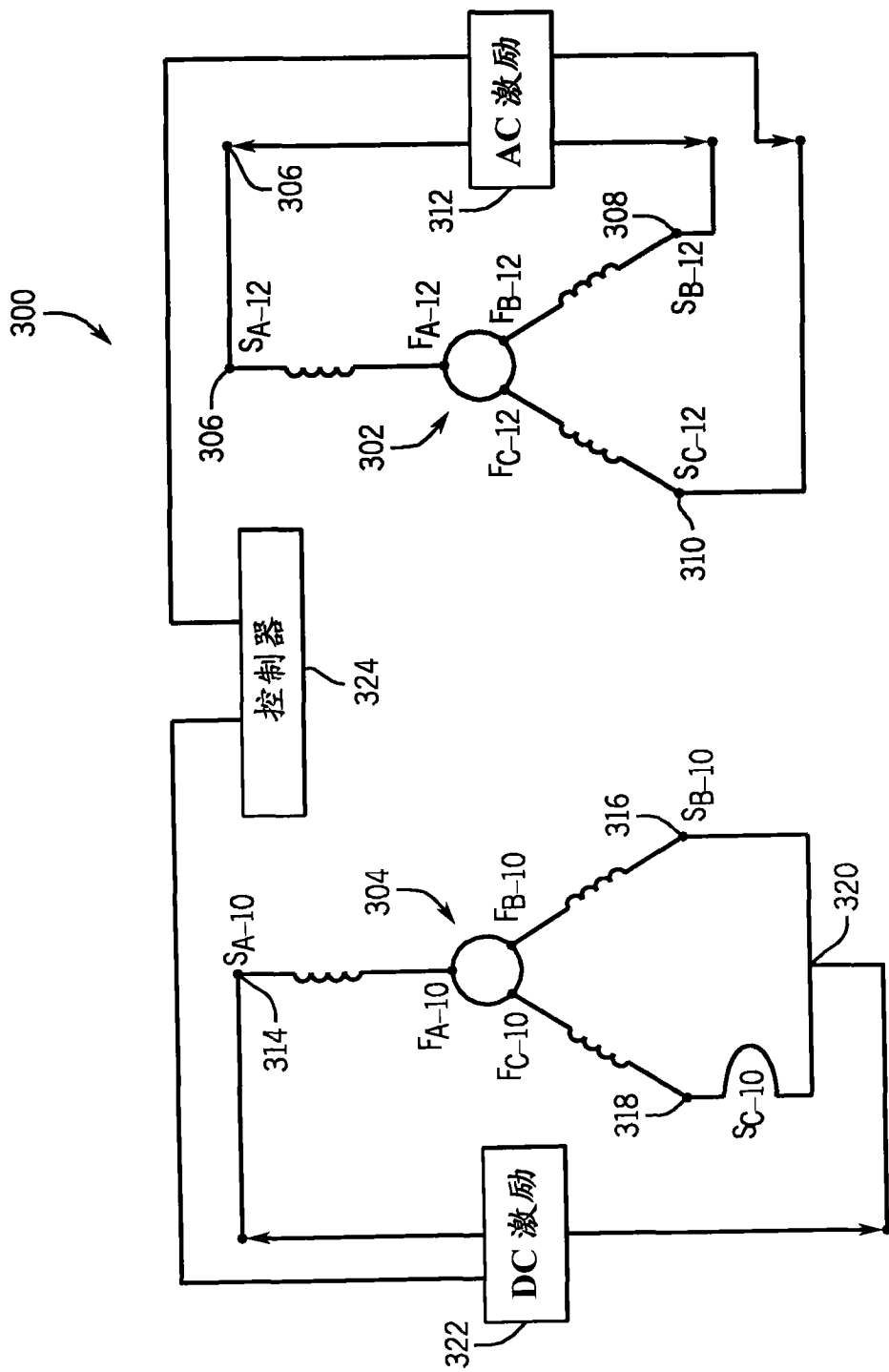


图3

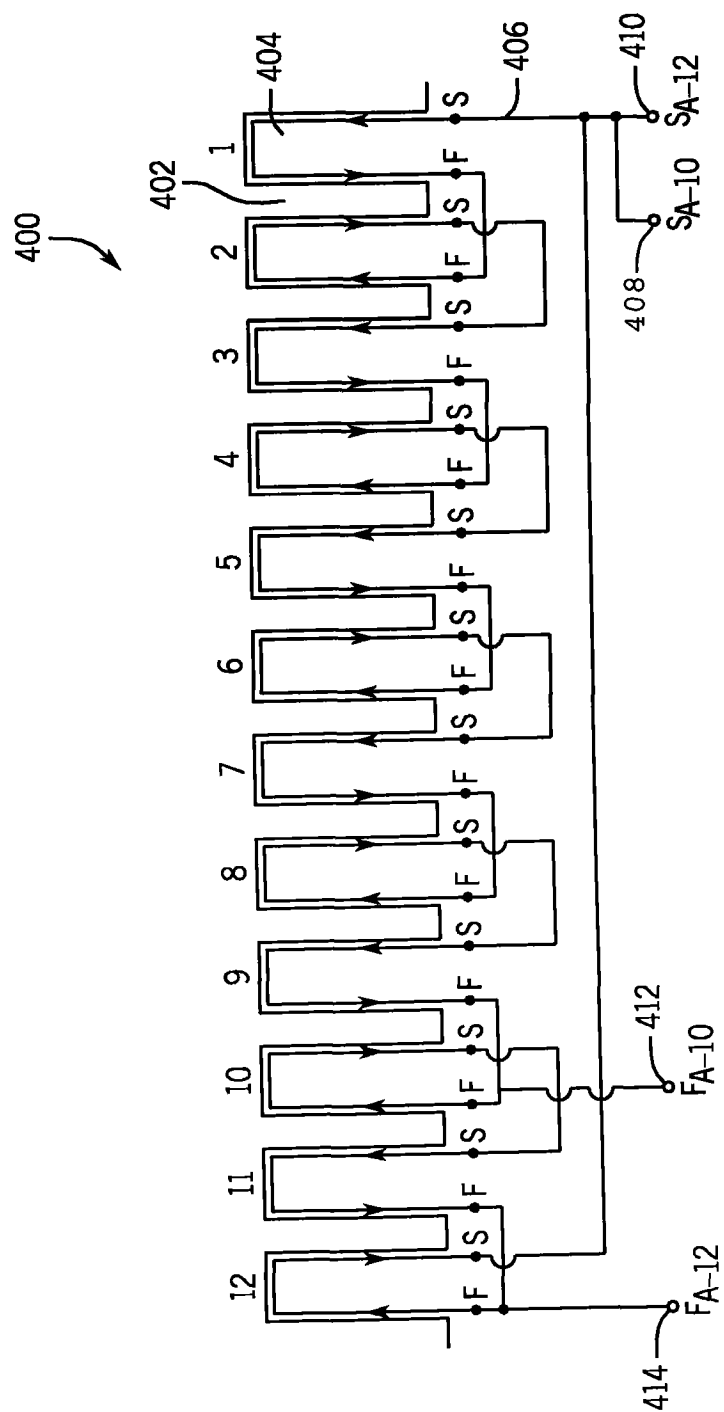


图4