



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104578651 B

(45)授权公告日 2018.09.21

(21)申请号 201410573904.3

(22)申请日 2014.10.24

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 104578651 A

(43)申请公布日 2015.04.29

(30)优先权数据  
14/063547 2013.10.25 US

(73)专利权人 通用电气公司  
地址 美国纽约州

(72)发明人 P.B.雷迪 A.M.F.埃尔-雷菲  
K-K.胡

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司  
72001  
代理人 李强 肖日松

(51)Int.Cl.

H02K 21/14(2006.01)

H02K 1/27(2006.01)

H02K 15/12(2006.01)

(56)对比文件

CN 103238267 A,2013.08.07,

CN 103151862 A,2013.06.12,

CN 102340195 A,2012.02.01,

CN 102067412 A,2011.05.18,

US 3743866 A,1973.07.03,

US 8242662 B2,2012.08.14,

JP 特开平9-285049 A,1997.10.31,

JP 特开2010-011579 A,2010.01.14,

审查员 帅佳丽

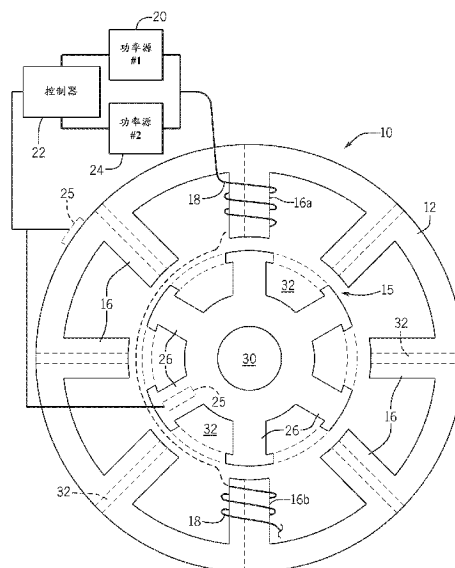
权利要求书3页 说明书9页 附图6页

(54)发明名称

用于针对低温加热铁素体磁体马达的系统和方法

(57)摘要

本发明涉及用于针对低温加热铁素体磁体马达的系统和方法。公开了用于加热电机中的铁素体永磁体的系统和方法。永磁体电机包括定子组件和转子组件,其中多个铁素体永磁体设置在定子组件或转子组件内以产生与定子磁场相互作用的磁场,以产生扭矩。电机的控制器编程成使一级场电流应用到定子绕组上,以产生定子磁场,以便使转子组件相对于定子组件旋转。控制器进一步编程成使二级电流应用到定子绕组,以选择性地产生二级磁场,二级磁场在定子组件和转子组件中的至少一个中引起涡电流,以加热铁素体永磁体。



1. 一种永磁体电机,包括:  
定子组件,其包括:  
包括多个定子齿的定子芯;以及  
定子绕组,其围绕所述多个定子齿而缠绕,以在被交变电流激励时产生定子磁场;  
转子组件,其构造成相对于所述定子组件旋转,所述转子组件与所述定子组件隔开空气间隙;  
多个铁素体永磁体,其设置在所述定子组件或所述转子组件中的一个内,所述多个铁素体永磁体构造成产生与所述定子磁场相互作用的磁场,以产生扭矩;以及  
控制器,其编程成:  
使一级场电流应用到所述定子绕组上,以产生所述定子磁场,以便使所述转子组件相对于所述定子组件旋转;以及  
选择性地使二级电流应用到所述定子绕组上,以选择性地产生二级磁场,所述二级磁场在所述定子组件和所述转子组件中的至少一个中引起涡电流,以加热所述多个铁素体永磁体。
2. 根据权利要求1所述的永磁体电机,其特征在于,所述转子组件进一步包括由导电材料形成的环元件,其中响应于对所述定子绕组应用所述二级电流,在所述环元件中会引起涡电流。
3. 根据权利要求2所述的永磁体电机,其特征在于,所述环元件定位在所述转子组件上或所述转子组件中,使得所述环元件定位在所述多个铁素体永磁体的附近。
4. 根据权利要求2所述的永磁体电机,其特征在于,所述环元件短接到所述定子组件上或使用外部电阻元件或电感元件连接到所述定子组件上。
5. 根据权利要求1所述的永磁体电机,其特征在于,所述转子组件包括定位在所述多个铁素体永磁体附近的磁致热元件,所述磁致热元件构造成在经历磁场时产生热量。
6. 根据权利要求1所述的永磁体电机,其特征在于,所述二级电流具有比所述一级场电流的频率高的频率。
7. 根据权利要求1所述的永磁体电机,其特征在于,所述二级电流为脉动电流,其具有的频率接近工作电流波形但不等于所述一级场电流的频率。
8. 根据权利要求1所述的永磁体电机,其特征在于,进一步包括温度测量机构,其构造成监测所述电机中的所述多个铁素体永磁体的温度,所述温度测量机构定位在所述定子组件或所述转子组件中的至少一个上。
9. 根据权利要求8所述的永磁体电机,其特征在于,所述控制器进一步编程成:  
接收来自所述温度测量机构的关于所述电机中的所述多个铁素体永磁体的温度的反馈;  
比较测量的磁体温度与阈值磁体温度;以及  
如果测量的磁体温度低于所述阈值磁体温度,则使所述二级电流应用到所述定子绕组上。
10. 根据权利要求1所述的永磁体电机,其特征在于,所述控制器编程成使应用到所述定子绕组上的所述二级电流叠加在所应用的一级场电流上。
11. 根据权利要求1所述的永磁体电机,其特征在于,所述控制器编程成在不应用所述

一级场电流的情况下使所述二级电流应用到所述定子绕组上。

12. 一种用于加热铁素体永磁体电机的方法,所述方法包括:

提供定子组件,其包括:

包括多个定子齿的定子芯;以及

定子绕组,其围绕所述多个定子齿而缠绕,以在被交变电流激励时产生定子磁场;

提供转子组件,其构造成相对于所述定子组件旋转,其中所述转子组件与所述定子芯隔开空气间隙;

提供多个铁素体永磁体,其构造成产生与所述定子磁场相互作用的磁场,以产生扭矩,所述多个铁素体永磁体定位在所述定子组件或所述转子组件上;以及

选择性地加热所述多个铁素体永磁体,以便防止所述多个铁素体永磁体退磁,其中选择性地加热所述多个铁素体永磁体包括下者中的一个或多个:

通过将二级电流应用到所述定子绕组上以选择性地产生二级磁场来加热所述多个铁素体永磁体,所述二级磁场在所述定子组件和所述转子组件中的至少一个中引起涡电流,以加热所述多个铁素体永磁体;

通过在定位在所述转子组件上或所述转子组件中的环元件中引起涡电流来加热所述多个铁素体永磁体,其中在所述环元件中引起的涡电流加热所述环元件;或者

通过将磁场应用到定位在所述多个铁素体永磁体附近的多个磁致热元件来加热所述多个铁素体永磁体,其中所述多个磁致热元件在经历所述磁场时变热。

13. 根据权利要求12所述的方法,其特征在于,通过在所述环元件中引起涡电流来加热所述多个铁素体永磁体包括通过将所述二级电流应用到所述定子绕组上来在所述环元件中引起涡电流。

14. 根据权利要求13所述的方法,其特征在于,应用到所述定子绕组上的电流大于或等于10Hz。

15. 根据权利要求13所述的方法,其特征在于,通过将所述二级电流应用到所述定子绕组上来加热所述多个铁素体永磁体包括应用脉动电流,其具有的频率接近所述电机的工作电流波形但不等于所述工作电流波形的频率。

16. 根据权利要求15所述的方法,其特征在于,进一步包括:

测量所述铁素体永磁体电机的磁体温度;

比较测量的磁体温度与阈值磁体温度;以及

如果测量的磁体温度低于所述阈值磁体温度,则选择性地加热所述多个铁素体永磁体,以便防止所述多个铁素体永磁体退磁。

17. 一种内部永磁体电机,包括:

定子组件,其包括:

包括多个定子齿的定子芯;以及

定子绕组,其围绕所述多个定子齿而缠绕,以在被交变电流激励时产生定子磁场;

转子组件,其设置在所述定子组件限定的腔体内且构造成相对于所述定子组件旋转,其中所述转子组件与所述定子芯隔开空气间隙;

定位在所述转子组件中的多个铁素体永磁体,所述多个铁素体永磁体构造成产生与所述定子磁场相互作用的磁场,以产生扭矩;以及

加热元件,其构造成对所述多个铁素体永磁体提供预热,所述加热元件包括下者中的一个:

环元件,其由导电材料形成且定位在所述转子组件上或所述转子组件内,其中响应于将脉动电流应用到所述定子绕组上,在所述环元件中会引起涡电流,以便加热所述环元件;以及

定位在所述多个铁素体永磁体附近的多个磁致热元件,所述多个磁致热元件构造成在经历磁场时变热。

18. 根据权利要求17所述的内部永磁体电机,其特征在于,进一步包括控制器,其编程成:

使一级电流应用到所述定子绕组上,以产生所述定子磁场,以便使所述转子组件相对于所述定子组件旋转;以及

选择性地使二级电流应用到所述定子绕组上,以选择性地产生二级磁场,所述二级磁场在所述转子组件中引起涡电流,以加热所述多个铁素体永磁体。

19. 根据权利要求18所述的内部永磁体电机,其特征在于,所述二级电流是频率大于或等于10Hz的交流电流。

20. 根据权利要求17所述的内部永磁体电机,其特征在于,所述环元件和所述磁致热元件中的一个中产生的热量传递到所述多个铁素体永磁体,以对其提供加热。

## 用于针对低温加热铁素体磁体马达的系统和方法

[0001] 美国政府许可权

[0002] 本发明是根据美国能源部授予的合同DE-EE0005573而在政府的支持下进行的。政府对本发明具有某些权利。

### 技术领域

[0003] 本发明的实施例大体涉及电机,并且更具体而言,涉及包括铁素体永磁体的永磁体电机,其中电机中的定子和/或转子被加热,以便防止铁素体永磁体退磁。

### 背景技术

[0004] 电机在各种行业中的使用在许多工业、商业和运输业中随着时间的推移变得越来越流行。为了在电机中实现高性能,选择使用永磁体 (PM) 材料对于许多应用而言变得越来越流行。在这样的电机中,PM可代替传统设计中的电磁体,或可开发新颖的拓扑结构来最好地利用PM的属性和特性。

[0005] 已经开发出的一种PM电机称为“定子永磁体电机”,其为设计使得电机中的PM定位在定子上的电机。定子永磁体电机可因而表示但不限于永磁体磁通切换电机、永磁体磁通反转电机和双凸极永磁体电机。已经开发出的另一个PM电机拓扑结构称为“内部永磁体 (IPM) 电机”,其为设计使得电机中的PM嵌在转子的多个叠层的内部的电机。IPM电机可因而表示在各种应用中广泛使用的IPM马达或发电机,这包括航空、汽车和工业用途。

[0006] 在构造和运行PM电机时考虑的一个问题是PM的退磁。取决于采用的PM的类型,如果电机暴露于极高或极低的温度,则PM可出现退磁。例如,如果PM为稀土磁体,则PM暴露于极高的温度可使PM更易于退磁。相反,如果PM为铁素体磁体,则PM暴露于低温(例如,-40°C至60°C)可使PM更容易退磁。

[0007] 认识到,在PM电机中使用铁素体磁体可与稀土磁体的使用相比提供成本节约,并且因而铁素体磁体的使用在这样的PM电机中可为合乎需要的。虽然与稀土磁体相比,铁素体磁体更容易在低温下退磁,但是它们与稀土磁体相比不那么容易在高温下退磁。因而,如果可提供解决方案来防止铁素体磁体在低温下退磁,则铁素体磁体PM电机对于稀土磁体PM电机可为合乎需要的备选方案。

[0008] 因此,合乎需要的是提供一种系统和方法来防止在PM电机中的铁素体磁体的退磁。进一步合乎需要的是提供一种铁素体磁体PM电机,其可用于广泛的环境温度下并且展现改进的耐腐蚀性和改进的稳定性。

### 发明内容

[0009] 根据本发明的一个方面,一种永磁体电机包括定子组件,其具有包括多个定子齿的定子芯和定子绕组,定子绕组围绕多个定子齿而缠绕,以在被交变电流激励时产生定子磁场。永磁体电机还包括:转子组件,其构造成相对于定子组件旋转且与定子组件隔开空气间隙;设置在定子组件或转子组件中的一个内的多个铁素体永磁体,其构造成产生与定子

磁场相互作用的磁场,以产生扭矩;以及控制器,其编程成使一级(primary)场电流应用到定子绕组上以产生定子磁场,以便使转子组件相对于定子组件旋转,以及选择性地使二级(secondary)电流应用到定子绕组上,以选择性地产生二级磁场,二级磁场在定子组件和转子组件中的至少一个中引起涡电流,以加热多个铁素体永磁体。

[0010] 根据本发明的另一个方面,一种加热铁素体永磁体电机的方法,其包括:提供定子组件,其具有包括多个定子齿的定子芯和定子绕组,定子绕组围绕多个定子齿缠绕,以在被交变电流激励时产生定子磁场;提供转子组件,其构造成相对于定子组件旋转,同时与定子芯隔开空气间隙;以及提供多个铁素体永磁体,其构造成产生与定子磁场相互作用的磁场,以产生扭矩,多个铁素体永磁体定位在定子组件或转子组件上。该方法还包括选择性地加热多个铁素体永磁体,以便防止多个铁素体永磁体退磁,其中选择性地加热多个铁素体永磁体包括下者中的一个或多个:通过将二级电流对应到定子绕组上来选择性地产生二级磁场,来加热多个铁素体永磁体,二级磁场通过在定子组件和转子组件中的至少一个中引起涡电流,来加热多个铁素体永磁体;通过在定位在转子组件上或在转子组件中的环元件中引起涡电流而加热环元件来加热多个铁素体永磁体;或通过将磁场应用到定位在多个铁素体永磁体附近的多个磁致热元件上来加热多个铁素体永磁体,其中多个磁致热元件在经历磁场时变热。

[0011] 根据本发明的又一个方面,在环元件中,响应于将脉动电流应用于定子绕组来加热环元件以及多个磁致热,内部永磁体电机包括定子组件,定子组件具有包括多个定子齿的定子芯,以及定子绕组,定子绕组围绕多个定子齿而缠绕,以在被交变电流激励时产生定子磁场。内部永磁体电机还包括:转子组件,其设置在由定子组件限定的腔体内,并且构造成与定子芯隔开空气间隙且相对于定子组件旋转;多个铁素体永磁体,其定位在转子组件中且构造成产生与定子磁场相互作用的磁场,以产生扭矩;以及加热元件,其构造成对多个铁素体永磁体提供预热。加热元件包括一个环元件,其由导电材料形成且定位在转子组件上或转子组件内,其中,在定位在多个铁素体永磁体附近的元件中引起涡电流,多个磁致热元件构造成在经历磁场时变热。

[0012] 一种永磁体电机,包括:

[0013] 定子组件,其包括:

[0014] 包括多个定子齿的定子芯;以及

[0015] 定子绕组,其围绕所述多个定子齿而缠绕,以在被交变电流激励时产生定子磁场;

[0016] 转子组件,其构造成相对于所述定子组件旋转,所述转子组件与所述定子组件隔开空气间隙;

[0017] 多个铁素体永磁体,其设置在所述定子组件或所述转子组件中的一个内,所述多个铁素体永磁体构造成产生与所述定子磁场相互作用的磁场,以产生扭矩;以及

[0018] 控制器,其编程成:

[0019] 使一级场电流应用到所述定子绕组上,以产生所述定子磁场,以便使所述转子组件相对于所述定子组件旋转;以及

[0020] 选择性地使二级电流应用到所述定子绕组上,以选择性地产生二级磁场,所述二级磁场在所述定子组件和所述转子组件中的至少一个中引起涡电流,以加热所述多个铁素体永磁体。

[0021] 在一个实施例中,所述转子组件进一步包括由导电材料形成的环元件,其中响应于对所述定子绕组应用所述二级电流,在所述环元件中会引起涡电流。

[0022] 在一个实施例中,所述环元件定位在所述转子组件上或所述转子组件中,使得所述环元件定位在所述多个铁素体永磁体的附近。

[0023] 在一个实施例中,所述环元件短接到所述定子组件上或使用外部电阻元件或电感元件连接到所述定子组件上。

[0024] 在一个实施例中,所述转子组件包括定位在所述多个铁素体永磁体附近的磁致热元件,所述磁致热元件构造成在经历磁场时产生热量。

[0025] 在一个实施例中,所述二级电流具有比所述一级场电流的频率高的频率,所述二级电流的频率值低到10Hz。

[0026] 在一个实施例中,所述二级电流为脉动电流,其具有的频率接近工作电流波形但不等于所述一级场电流的频率。

[0027] 在一个实施例中,进一步包括温度测量机构,其构造成监测所述电机中的所述多个铁素体永磁体的温度,所述温度测量机构定位在所述定子组件或所述转子组件中的至少一个上。

[0028] 在一个实施例中,所述控制器进一步编程成:

[0029] 接收来自所述温度测量机构的关于所述电机中的所述多个铁素体永磁体的温度的反馈;

[0030] 比较测量的磁体温度与阈值磁体温度;以及

[0031] 如果测量的磁体温度低于所述阈值磁体温度,则使所述二级电流应用到所述定子绕组上。

[0032] 在一个实施例中,所述控制器编程成使应用到所述定子绕组上的所述二级电流叠加在所应用的一级场电流上。

[0033] 在一个实施例中,所述控制器编程成在不应用所述一级场电流的情况下使所述二级电流应用到所述定子绕组上。

[0034] 一种用于加热铁素体永磁体电机的方法,所述方法包括:

[0035] 提供定子组件,其包括:

[0036] 包括多个定子齿的定子芯;以及

[0037] 定子绕组,其围绕所述多个定子齿而缠绕,以在被交变电流激励时产生定子磁场;

[0038] 提供转子组件,其构造成相对于所述定子组件旋转,其中所述转子组件与所述定子芯隔开空气间隙

[0039] 提供多个铁素体永磁体,其构造成产生与所述定子磁场相互作用的磁场,以产生扭矩,所述多个铁素体永磁体定位在所述定子组件或所述转子组件上;以及

[0040] 选择性地加热所述多个铁素体永磁体,以便防止所述多个铁素体永磁体退磁,其中选择性地加热所述多个铁素体永磁体包括下者中的一个或多个:

[0041] 通过将二级电流应用到所述定子绕组上以选择性地产生二级磁场来加热所述多个铁素体永磁体,所述二级磁场在所述定子组件和所述转子组件中的至少一个中引起涡电流,以加热所述多个铁素体永磁体;

[0042] 通过在定位在所述转子组件上或所述转子组件中的环元件中引起涡电流来加热

所述多个铁素体永磁体,其中在所述环元件中引起的涡电流加热所述环元件;或者

[0043] 通过将磁场应用到定位在所述多个铁素体永磁体附近的多个磁致热元件来加热所述多个铁素体永磁体,其中所述多个磁致热元件在经历所述磁场时变热。

[0044] 在一个实施例中,通过在所述环元件中引起涡电流来加热所述多个铁素体永磁体包括通过将所述二级电流应用到所述定子绕组上来在所述环元件中引起涡电流。

[0045] 在一个实施例中,通过将所述二级电流应用到所述定子绕组上来加热所述多个铁素体永磁体包括应用二级电流,其具有比所述电机的工作电流波形的频率高的频率,其值低到10Hz。

[0046] 在一个实施例中,通过将所述二级电流应用到所述定子绕组上来加热所述多个铁素体永磁体包括应用脉动电流,其具有的频率接近所述电机的工作电流波形但不等于所述工作电流波形的频率。

[0047] 在一个实施例中,进一步包括:

[0048] 测量所述铁素体永磁体电机的温度;

[0049] 比较测量的磁体温度与阈值磁体温度;以及

[0050] 如果测量的磁体温度低于所述阈值磁体温度,则选择性地加热所述多个铁素体永磁体,以便防止所述多个铁素体永磁体退磁。

[0051] 一种内部永磁体电机,包括:

[0052] 定子组件,其包括:

[0053] 包括多个定子齿的定子芯;以及

[0054] 定子绕组,其围绕所述多个定子齿而缠绕,以在被交变电流激励时产生定子磁场;

[0055] 转子组件,其设置在所述定子组件限定的腔体内且构造成相对于所述定子组件旋转,其中所述转子组件与所述定子芯隔开空气间隙;

[0056] 定位在所述转子组件中的多个铁素体永磁体,所述多个铁素体永磁体构造成产生与所述定子磁场相互作用的磁场,以产生扭矩;以及

[0057] 加热元件,其构造成对所述多个铁素体永磁体提供预热,所述加热元件包括下者中的一个:

[0058] 环元件,其由导电材料形成且定位在所述转子组件上或所述转子组件内,其中响应于将脉动电流应用到所述定子绕组上,在所述环元件中会引起涡电流,以便加热所述环元件;以及

[0059] 定位在所述多个铁素体永磁体附近的多个磁致热元件,所述多个磁致热元件构造成在经历磁场时变热。

[0060] 在一个实施例中,进一步包括控制器,其编程成:

[0061] 使一级电流应用到所述定子绕组上,以产生所述定子磁场,以便使所述转子组件相对于所述定子组件旋转;以及

[0062] 选择性地使二级电流应用到所述定子绕组上,以选择性地产生二级磁场,所述二级磁场在所述转子组件中引起涡电流,以加热所述多个铁素体永磁体。

[0063] 在一个实施例中,所述二级电流包括一个高频率交变电流,其具有比所述一级电流的频率更高的频率,其值低到60 Hz。

[0064] 在一个实施例中,所述环元件和所述磁致热元件中的一个中产生的热量传递到所

述多个铁素体永磁体,以对其提供加热。

[0065] 根据以下详细描述和附图,各种其它特征和优点将显而易见。

### 附图说明

[0066] 附图示出了当前构想来执行本发明的优选的实施例。

[0067] 在图中:

[0068] 图1和2为根据本发明的实施例的永磁体电机的视图。

[0069] 图3为根据本发明的实施例的磁通切换永磁体电机的示意图。

[0070] 图4为根据本发明的实施例的辐转子永磁体电机的示意图。

[0071] 图5为根据本发明的实施例的表面永磁体电机的示意图。

[0072] 图6和7为根据本发明的实施例的内部永磁体(IPM)电机的一部分的示意图。

### 具体实施方式

[0073] 本发明的实施例涉及永磁体电机,其包括铁素体永磁体,电机中的定子和/或转子被加热以便防止铁素体永磁体退磁。根据本发明的实施例,各种控制方案和/或构件用来实现铁素体永磁体的加热。这种控制方案和/或构件可用于定子永磁体电机和内部永磁体电机两者中。另外,这种控制方案和/或构件可用于其中转子定位在定子内部的“内部式电机”中,或其中转子定位在定子的外部的“外部式电机”或“内部外翻式电机”中。

[0074] 参照图1和2,显示了可受益于本发明的实施例的典型的电机10。电机10包括定子12(例如,由叠层13形成的层压铁定子),其沿径向方向包围转子14且沿轴向沿着转子14延伸,空气间隙15存在于定子12和转子14之间。定子12进一步包括多个定子极16,各个定子极16与沿径向相对的定子极匹配,以形成定子极对。定子极对16a和16b被相绕组18缠绕,可通过功率源20(例如,受控制的AC功率源)以传统的方式驱动相绕组18,功率源20可由控制器22控制。以类似的方式,在其它定子极16上还包括单独的相绕组18。根据本发明的实施例,还采用额外的功率源24来对相绕组(多个)18提供单独的电流,以便使得能够加热电机10的定子和/或转子,如将在下面更详细地阐述的那样。此外,电机10可包括温度测量装置或传感器25(诸如热电偶),其构造成监测电机(即,电机中的永磁体,如下面将阐述的那样)的温度,温度传感器25定位在定子组件或转子组件中的至少一个上,如图1中以虚线显示的那样。

[0075] 如图1中显示,转子14形成为具有多个凸极零件26的凸极转子,但是认识到,转子可具有备选的结构(例如,圆形转子)。根据一个实施例,转子14由成堆叠的整体式叠层28构成,如在图2中提供的转子14的视图中可看到的那样,但是认识到,转子芯还可形成为单个零件,其中芯由钢加工成或由例如烧结磁性材料形成。转子14包括多个突出部/齿26,其用作凸磁极。转子14的中心部分包括转子孔,传动轴30可穿过其中,转子14可围绕传动轴30而旋转。

[0076] 根据本发明的实施例,电机的确切结构可采取许多形式中的一个。例如,电机可构造成定子永磁体电机(例如,永磁体磁通切换电机、永磁体磁通反转电机或例如双凸极永磁体电机),其包括嵌在定子中的铁素体永磁体32(以虚线显示)。在这种定子永磁体电机中,在绕组18中的电流与和铁素体磁体32相关联的磁场相互作用,以使转子14旋转。电机可改

为构造成内部永磁体 (IPM) 电机 (例如, 辐转子永磁体电机), 其包括固定到转子上或嵌在转子中的铁素体永磁体32 (以虚线显示)。在这种IPM电机中, 绕组18中的电流与和铁素体磁体32相关联的磁场相互作用, 以使转子14旋转。

[0077] 在图3-7中显示了可根据本发明的实施例来实现的各种铁素体永磁体电机的更具体示例。在图3-7的各个永磁体电机中, 定子和/或转子被加热, 以便防止铁素体永磁体在低温下退磁, 在电机中使用控制方案和/或构件来实现铁素体永磁体的加热。

[0078] 首先参照图3, 显示了根据本发明的实施例的磁通切换永磁体电机40的示意性平面图。在磁通切换永磁体电机40中, 显示了定子42相对于转子44而定位, 其中定子42和转子44各自具有相应的齿46、48。永磁体50嵌在定子叠层42的各个齿上。转子44和定子42具有不同的数量的齿, 并且因此对于转子44相对于定子42的任何定向, 某些转子齿相对于最近的定子齿偏移。随着交变电流穿过定子绕组52, 产生可变磁场, 可变磁场叠加在永磁体50产生的固定磁场上。得到的组合磁场随着时间而改变, 从而使转子44在定子42内旋转, 因为其试图使转子齿48到达相对于定子齿46最小阻抗的位置。

[0079] 参照图4, 显示了包括转子组件56和定子组件58的内部永磁体 (IPM) 电机54, 其构造成分段式辐转子永磁体电机。转子组件56包括设置在转子轴62上的转子芯60, 其中转子芯60构造成围绕IPM电机54的纵向轴线旋转。轴62构造成具有形成在主轴本体66上的多个突起64, 其中突起64围绕主轴本体66沿周向形成且沿着主轴本体66的轴向长度形成。

[0080] 如图4中显示, 转子芯60构造成分段式转子, 其由多个单独的凸转子极68形成。各个转子极68由设置在相应的突起22上的成堆叠的叠层 (未显示) 形成。形成转子极68的叠层堆叠围绕轴62沿周向布置 (即, 以鸠尾榫连接), 使得极间间隙70 (即, 鸠尾形凹部) 形成于相邻的转子极68之间。永磁体72设置在极间间隙70中, 其中永磁体72产生磁场, 磁场在转子56和定子58之间的空气间隙中沿径向定向。永磁体72产生的磁场进一步与定子磁场相互作用以产生扭矩。

[0081] IPM电机10的定子组件58包括具有多个定子齿76的定子芯74, 定子齿76沿周向布置成在定子芯74的中心处形成腔体78。定子组件58产生磁场且沿着纵向轴线延伸, 其中内表面限定腔体78。如上面论述的那样, 转子组件56设置在定子芯40所限定的腔体78内。定子组件58包括定子槽口80, 以将分配的绕组82接收在其中, 绕组82缠绕在齿76上。绕组82可形成为例如铜线圈, 并且用来在被AC电流激励时在空气间隙中产生非常正弦的旋转磁场。

[0082] 现在参照图5-7, 显示了另外的IPM电机, 其结合了大体圆形的转子 (即, 在其上没有凸转子极)。图5示出IPM电机84, 其具有转子86, 转子86在其外表面89上固定有/嵌入有表面永磁体88 (SPM)。图6和7各自显示IPM电机90的具有转子92的部分, 永磁体94嵌在转子 (即, 在成堆叠的转子叠层) 中, 图6示出转子92, 其具有以U形形式和V形形式嵌在其中的铁素体永磁体94, 并且图7示出转子92, 其具有以V形形式嵌在其中的铁素体永磁体94。

[0083] 认识到, 图3-7意图仅示出可受益于结合本发明的实施例的电机的示例。也就是说, 本发明的实施例可实现在多个不同的类型的铁素体永磁体电机中。因而, 本发明的实施例不意图仅限于图3-7中显示和描述的类型电机。

[0084] 根据本发明的示例性实施例, 显示在图1-7中的各个永磁体电机可使其定子和/或转子被加热, 以便防止其中的铁素体永磁体退磁, 退磁可在低温下出现。也就是说, 认识到铁素体PM暴露于诸如可在电机启动期间存在的低温 (例如,  $-40^{\circ}\text{C}$  至  $60^{\circ}\text{C}$ ) 可使得PM更容易

退磁。本发明的实施例因而在电机中提供控制方案和/或构件，它们用于实现铁素体永磁体的加热，这种加热对于在电机的正常运行之前和/或在电机的早期运行期间对磁体进行“预热”是合乎需要的。

[0085] 回头参照图1，根据本发明的一个实施例，控制器22编程成使电机10中产生热量，以加热其中的铁素体永磁体32，铁素体永磁体32可设置在定子12或转子14中，这取决于电机的类型。为了产生这个热量，控制器22编程成使功率源24将二级电流应用到定子绕组18上，以选择性地产生二级磁场，二级磁场构造成引起涡电流，涡电流用来加热多个铁素体永磁体32。功率源24所应用的二级电流与功率源20应用到定子绕组18上的一级场电流是分开的（作为一级场电流的代替或以与一级场电流组合的方式应用），一级场电流产生定子磁场，定子磁场使转子14相对于定子12旋转。也就是说，应用到定子绕组18上的二级电流可叠加在应用的一级场电流上或在不应用一级场电流的情况下应用到定子绕组18上。

[0086] 根据一个实施例，功率源24应用到绕组18上的二级电流为交变电流波形，其具有的频率接近定子12上的一级场电流波形（但是不等于一级场电流），其中二级电流在定子12上建立脉动场。这会在定子和转子之间的空气间隙15中和在定子12和/或转子14中产生磁场，该磁场在定子/转子叠层13、28和位于定子或转子中的铁素体永磁体32中引起涡电流，以便产生热量。

[0087] 根据另一个实施例，功率源24应用到绕组18上的二级电流为高频率电流（例如，10Hz且高于一级电流的频率）。高频率二级电流产生磁场，磁场可与定子/转子叠层13、28和/或铁素体永磁体32相互作用而在其中引起涡电流。这些涡电流在定子12和/或转子14中产生热量，该热量被传递到铁素体永磁体32。

[0088] 根据本发明的另一个实施例，并且现在参照作为示例的图4，在永磁体电机54中包括单独的构件来促进铁素体永磁体72的加热，其中构件为由导电材料（例如，铝、铜或铜合金）形成的环元件96，导电材料焊接或硬焊在一起而形成环，其中响应于二级电流应用于定子绕组82上，在环元件96中会引起涡电流。如图4中显示，环元件96定位在转子组件56的外表面上，使得环元件96定位在定子58和转子56之间的空气间隙附近。但是，认识到，根据本发明的另一个实施例，环元件96可改为定位在转子所限定的开口（即，转子叠层中形成的开口）中。根据本发明的实施例，环元件96可短接到定子58上或使用外部电阻或电感元件来连接到定子58上。应当注意，上面描述且显示在图4中的环元件96不应当与诸如在感应马达中可能出现的鸟笼式转子的端部环混淆，因为环元件96为与这种端部环不同的构件，其中环元件96用来响应于二级电流应用到定子绕组82上而在环元件96中引起涡电流。

[0089] 在运行中，环元件96可借助于定子58中的脉动电流来加热。也就是说，在定子中存在脉动电流时，在环元件96中会引起涡电流。这些脉动电流由与电机54相关联的控制器（例如，图1中的控制器22）产生，其中控制器编程成使功率源将受控制的二级电流应用到定子绕组82上。借助于在其中引起的涡电流而在环元件96中产生的热量被传递到铁素体永磁体72，以对其提供加热。

[0090] 虽然参照图4的辐转子IPM电机54来显示环元件96，但是认识到，环元件96可设置各种结构的各种IPM电机上，以便对其中的铁素体永磁体提供加热。环元件96可形成/定位在转子中或上，以便接近永磁体，以改进从环元件到永磁体的热传递速率和效率。

[0091] 根据本发明的另一个实施例，并且现在参照作为示例的图6和7，在永磁体电机90

中包括单独的构件来促进铁素体永磁体的加热,其中构件90为由磁致热材料(例如,钆、镨和硅的合金)形成的元件98的形式,在经历磁场时磁致热材料会产生热量。如图6和7中显示,磁致热元件98定位在转子92内,诸如在存在于转子叠层堆叠中的开口/空气穴口中,并且使得磁致热元件98定位在铁素体永磁体94附近或邻近。

[0092] 在运行中,磁致热元件98可借助于用DC或脉动电流激励定子来加热。也就是说,与电机90相关联的控制器(例如,图1中的控制器22)使功率源将受控制的二级电流应用到定子绕组上,以便产生磁致热元件98所经历的磁场,从而加热磁致热元件98。借助于磁场而在磁致热元件98中产生的热量传递到铁素体永磁体94,以对其提供加热。

[0093] 虽然参照图6和7的IPM电机90来显示磁致热元件98,但是认识到,磁致热元件98可设置在各种构造的各种永磁体电机上,包括定子永磁体电机和IPM电机两者,以便对其中的铁素体永磁体提供加热。磁致热元件98可定位在定子或转子中,以便邻近永磁体,以改进从磁致热元件到永磁体的热传递速率和效率。

[0094] 现在再次回头参照图1,认识到,其中的铁素体永磁体32的加热可选择性地执行,这由电机10的状况确定。也就是说,如上面所阐述的那样,例如在电机10处于-40℃至60℃的运行温度时,铁素体永磁体32的加热可为合乎需要的,以便防止铁素体永磁体32退磁。在电机10的电机启动期间可存在这种温度,并且因而合乎需要的是能够选择性地在电机中产生热量,以在电机的正常运行期间和/或在电机的早期运行期间“预热”铁素体永磁体32。

[0095] 为了确定何时需要/期望预热电机10(即,铁素体永磁体32),温度测量装置或机构(诸如热电偶25)与控制器22操作性地连通,并且对其提供关于定子12和/或电机10的转子14(即其中的永磁体32)的温度的反馈。控制器22编程成从热电偶25接收关于电机10的温度的反馈,并且比较测量的温度与阈值温度设定值,以便确定是否期望预热铁素体永磁体32,以便防止其可能的退磁。阈值温度设定值例如可设定成60℃。如果测量的温度低于阈值温度,则控制器22使二级电流(通过功率源24)应用到定子绕组18上,以产生二级磁场且从而在定子12和转子组件14中的至少一个中引起涡电流,以加热多个铁素体永磁体32。根据本发明的实施例,将满负荷场电流应用到电机10上之前,二级电流可应用几毫秒到几秒,以便预热永磁体32。然后可应用一级场电流来启动电机10,而二级电流持续应用,在某个时间段之后关闭,诸如在测量的温度高于最低阈值温度时。

[0096] 虽然本发明的示范性实施例在上面参照其中转子定位在定子内的各种“内部式电机”来阐述,但是本发明的额外的实施例可涉及其中转子围绕定子定位的“外部式电机”或“内部外翻式电机”,并且认识到,这种电机也看作在本发明的范围内。在这样的实施例中,具有永磁体的转子可在包含绕组的定子的外部,诸如可典型地出现在例如洗衣机马达中的那样。

[0097] 有利地,本发明的实施例因而提供一种系统和方法来加热电机中的铁素体永磁体,以防止其退磁。实现控制方案和/或构件来加热铁素体永磁体,该控制方案和/或构件能够用于定子永磁体电机和内部永磁体电机两者中。控制方案和构件使铁素体永磁体电机可用于宽范围的环境温度中,改进耐腐蚀性,并且改进稳定性。

[0098] 因此,根据本发明的一个实施例,永磁体电机包括定子组件,定子组件具有包括多个定子齿的定子芯和定子绕组,定子绕组围绕多个定子齿而缠绕,以在被交变电流激励时产生定子磁场。永磁体电机还包括:转子组件,其构造成相对于定子组件旋转,且与定子组

件隔开空气间隙；设置在定子组件或转子组件中的一个内的多个铁素体永磁体，其构造成产生磁场，磁场与定子磁场相互作用，以产生扭矩；以及控制器，其编程成使一级场电流应用到定子绕组上，以产生定子磁场，以便使转子组件相对于定子组件旋转且选择性地使二级电流应用到定子绕组上，以选择性地产生二级磁场，二级磁场在定子组件和转子组件中的至少一个中引起涡电流，以加热多个铁素体永磁体。

[0099] 根据本发明的另一个实施例，一种用于加热铁素体永磁体电机的方法包括：提供定子组件，其具有包括多个定子齿的定子芯和定子绕组，定子绕组围绕多个定子齿而缠绕，以在被交变电流激励时产生定子磁场；提供转子组件，其构造成相对于定子组件旋转，同时与定子芯隔开空气间隙，以及提供多个铁素体永磁体，其构造成产生磁场，磁场与定子磁场相互作用以产生扭矩，多个铁素体永磁体定位在定子组件或转子组件上。方法还包括选择性地加热多个铁素体永磁体，以便防止多个铁素体永磁体退磁，其中选择性地加热多个铁素体永磁体包括下者中的一个或多个：通过将二级电流应用到定子绕组以选择性地产生二级磁场来加热多个铁素体永磁体，二级磁场通过在定子组件和转子组件中的至少一个中引起涡电流来加热多个铁素体永磁体；通过在定位在转子组件上或转子组件中的环元件中引起涡电流以加热环元件来加热多个铁素体永磁体；或通过将磁场应用到定位在多个铁素体永磁体附近的多个磁致热元件来加热多个铁素体永磁体，其中在经历磁场时，多个磁致热元件变热。

[0100] 根据本发明的又一个实施例，在环元件中，响应于将脉动电流应用到定子绕组上，以加热环元件和多个磁致热件，内部永磁体电机包括定子组件，定子组件具有包括多个定子齿的定子芯和定子绕组，定子绕组围绕多个定子齿而缠绕，以在被交变电流激励时产生定子磁场。内部永磁体电机还包括：转子组件，转子组件设置在定子组件限定的腔体内且构造成与定子芯隔开空气间隙且相对于定子组件旋转；多个铁素体永磁体，其定位在转子组件中且构造成产生磁场，磁场与定子磁场相互作用以产生扭矩；以及加热元件，其构造成对多个铁素体永磁体提供预热。加热元件包括一个环元件，其由导电材料形成且定位在转子组件上或转子组件内，其中在定位在多个铁素体永磁体附近的元件中引起涡电流，多个磁致热元件构造成在经历磁场时变热。

[0101] 本书面描述使用实例来公开本发明，包括最佳模式，并且还使本领域任何技术人员能够实践本发明，包括制造和使用任何装置或系统，以及执行任何结合的方法。本发明的可取得专利的范围由权利要求限定，并且可包括本领域技术人员想到的其它实例。如果这样的其它实例具有不异于权利要求的字面语言的结构元素，或者如果这样的其它实例包括与权利要求的字面语言无实质性差异的等效结构元素，则它们意图处于权利要求的范围之内。

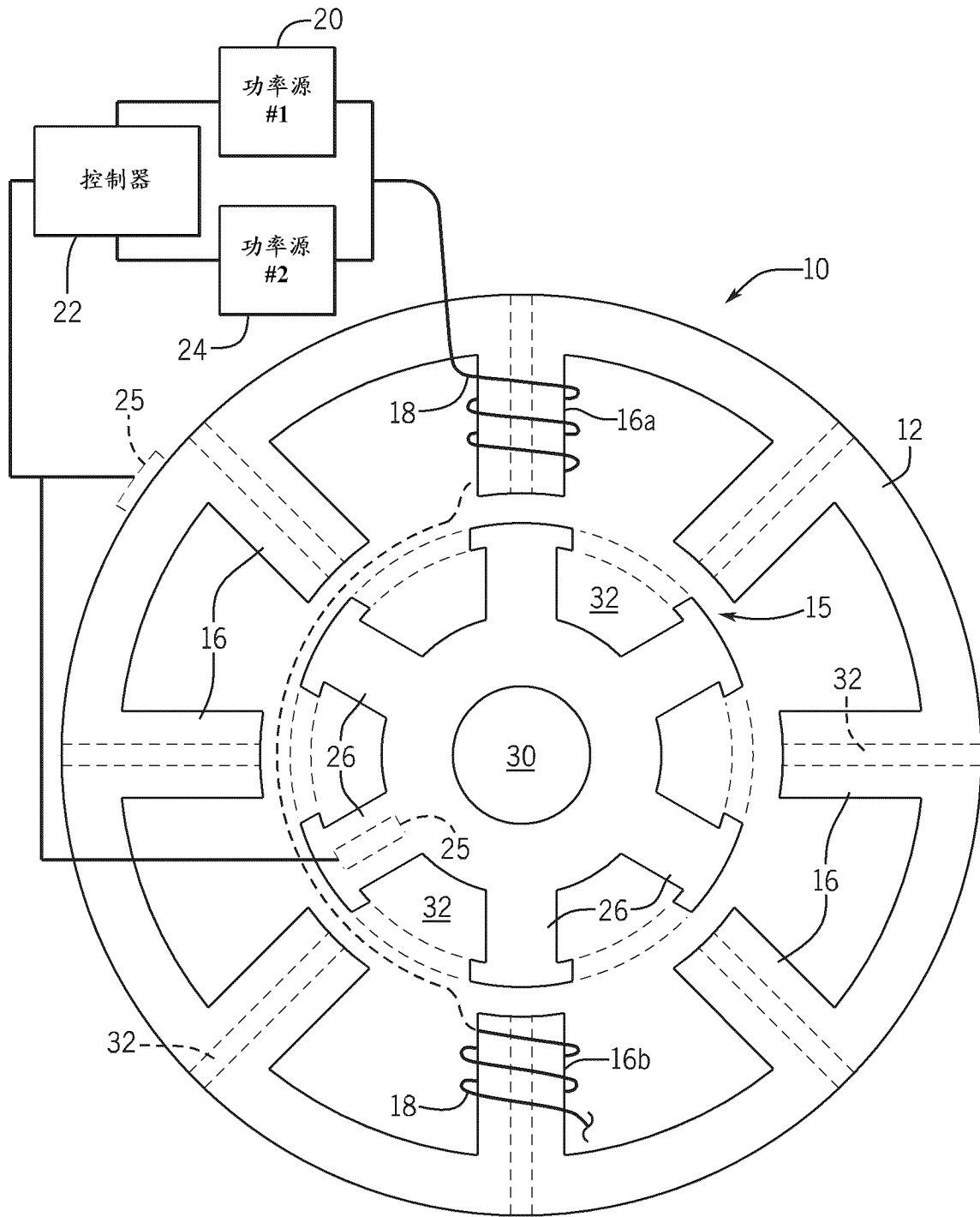


图 1

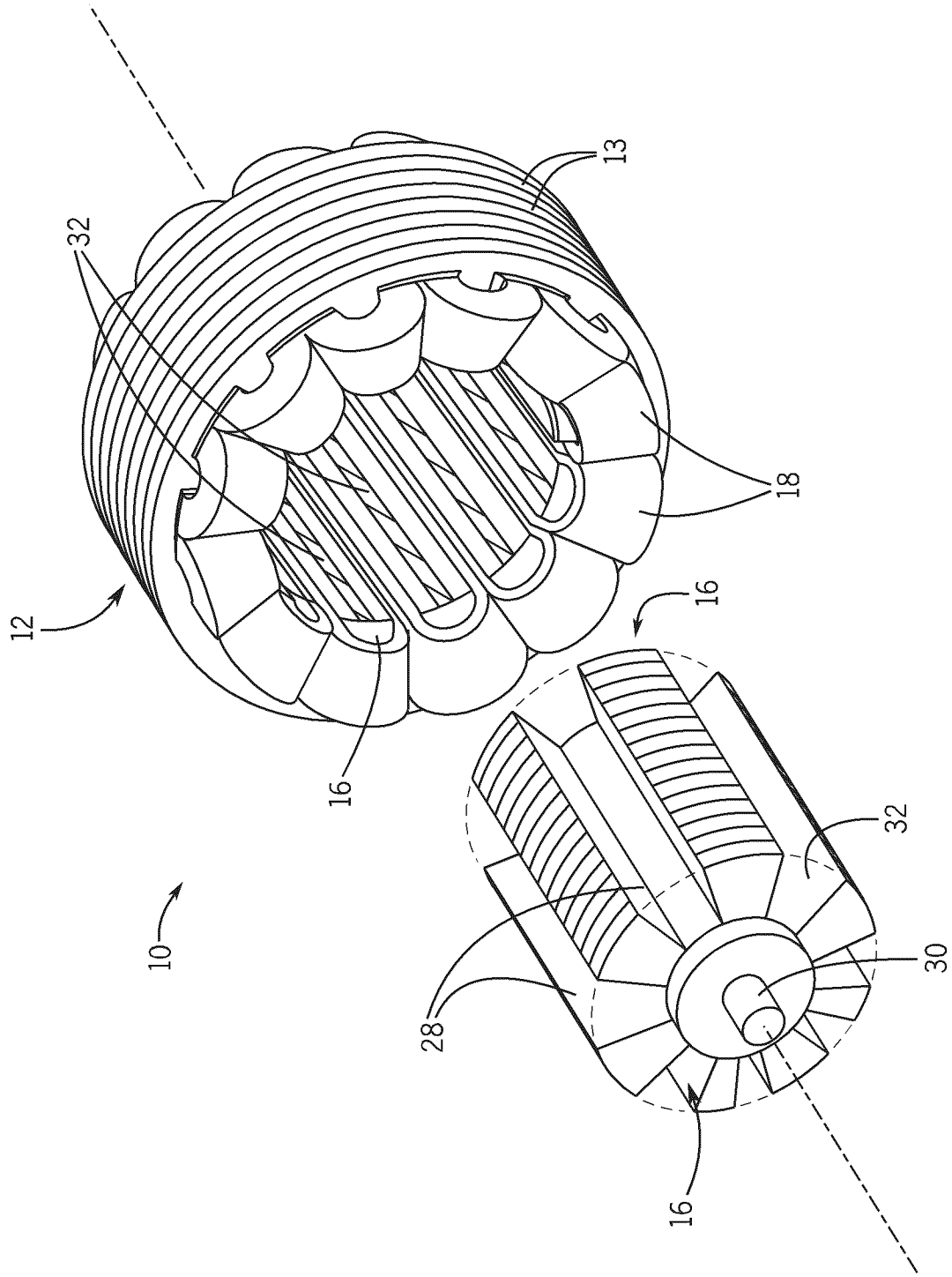


图 2

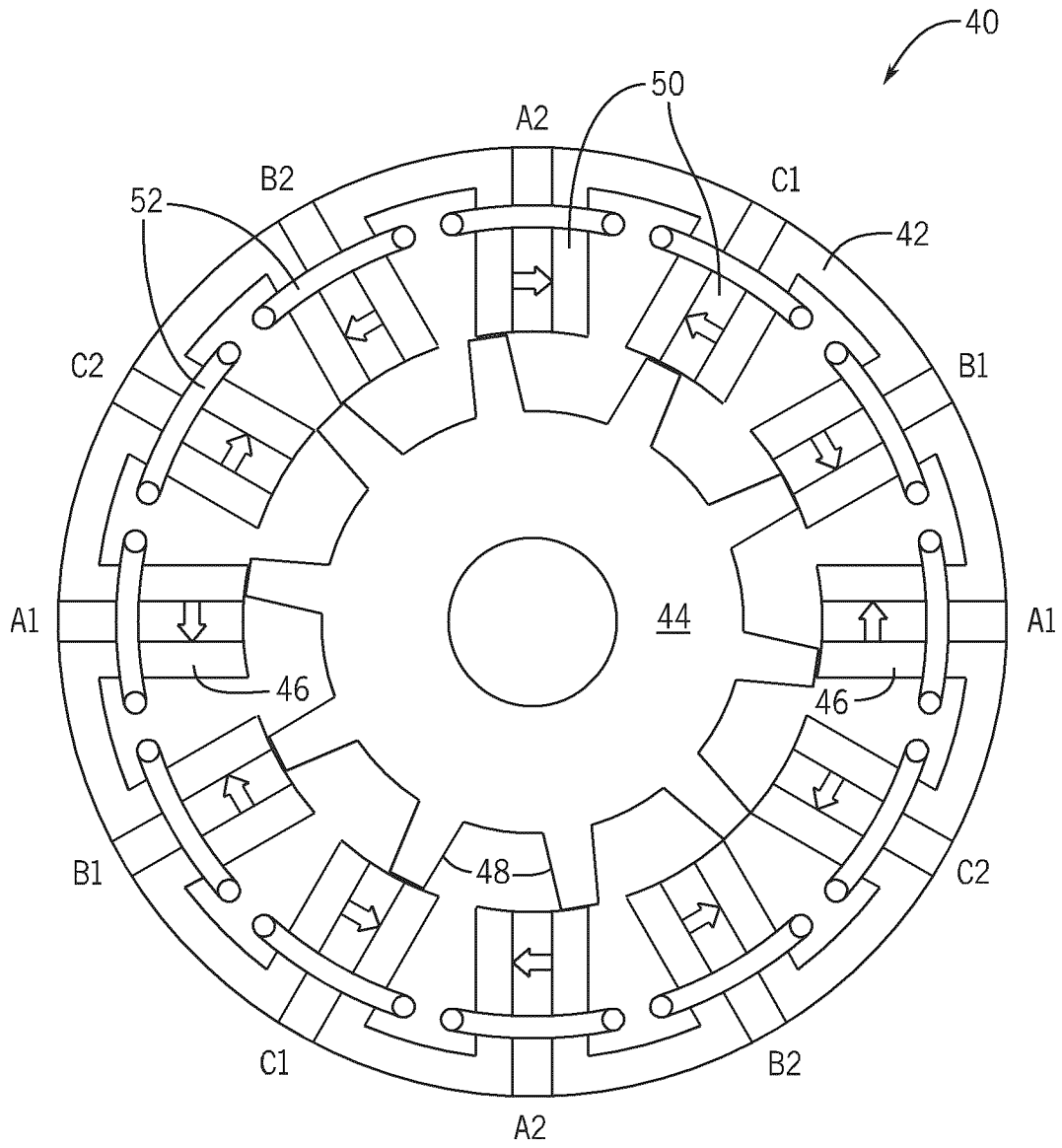


图 3

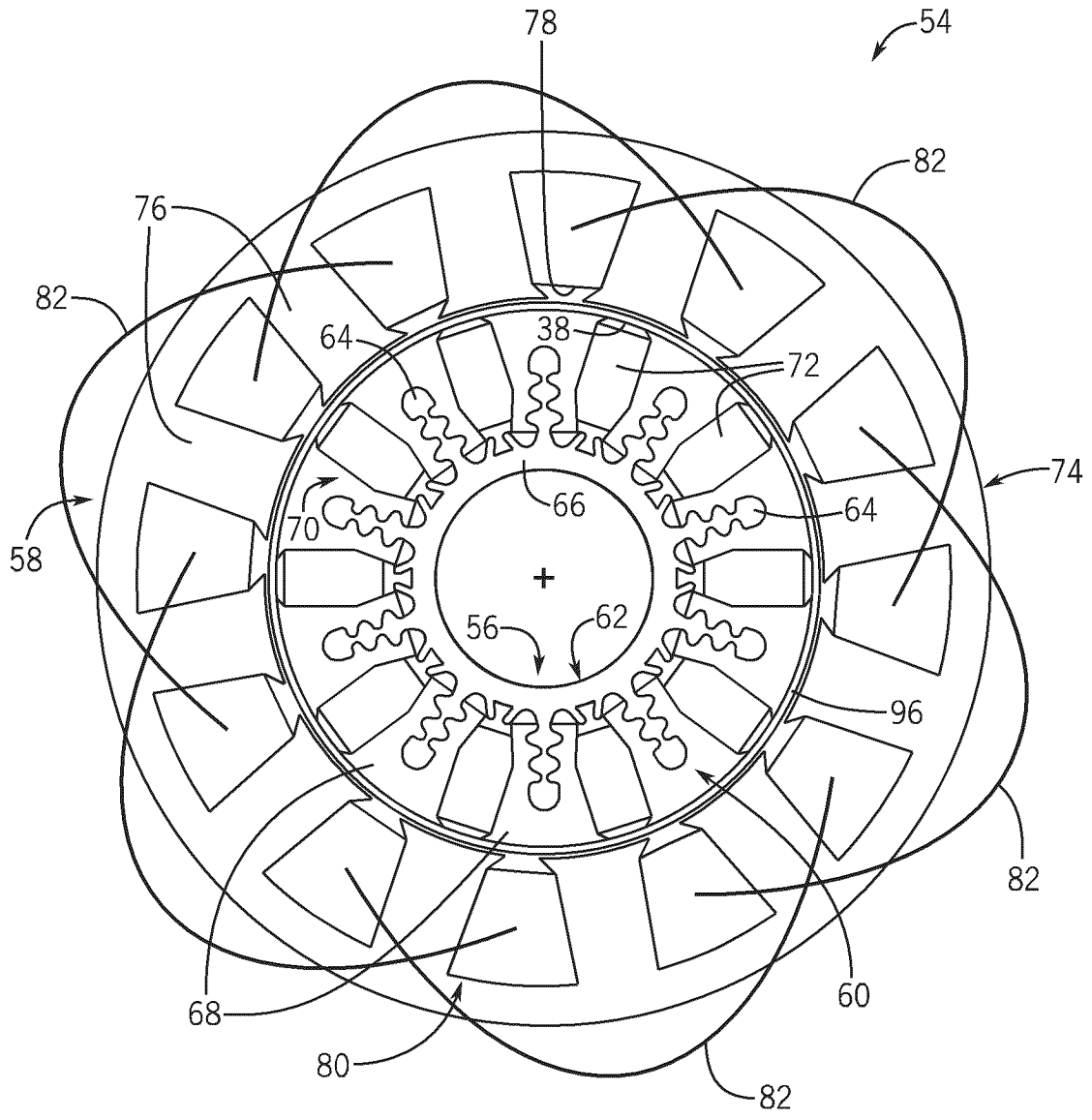


图 4

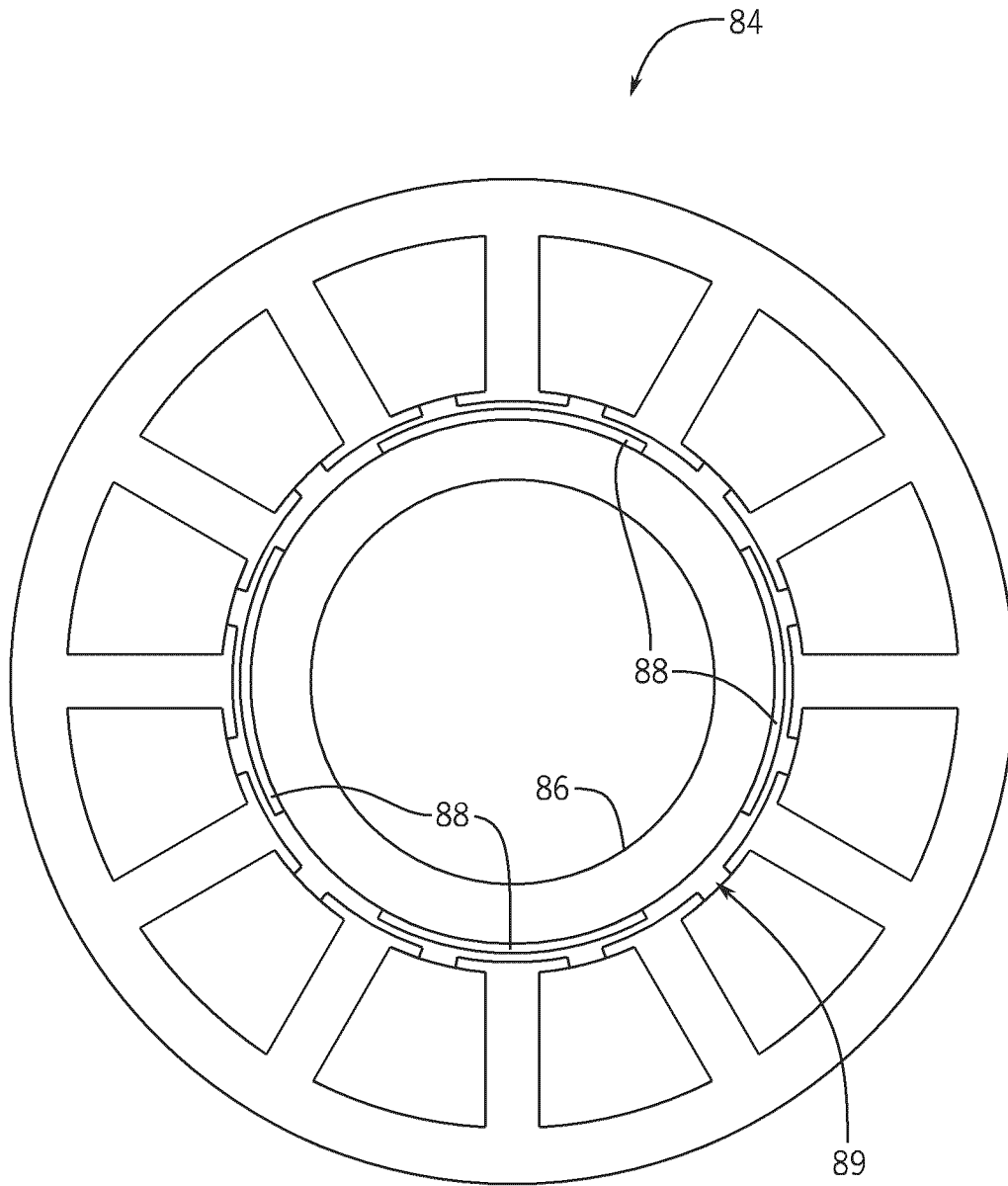


图 5

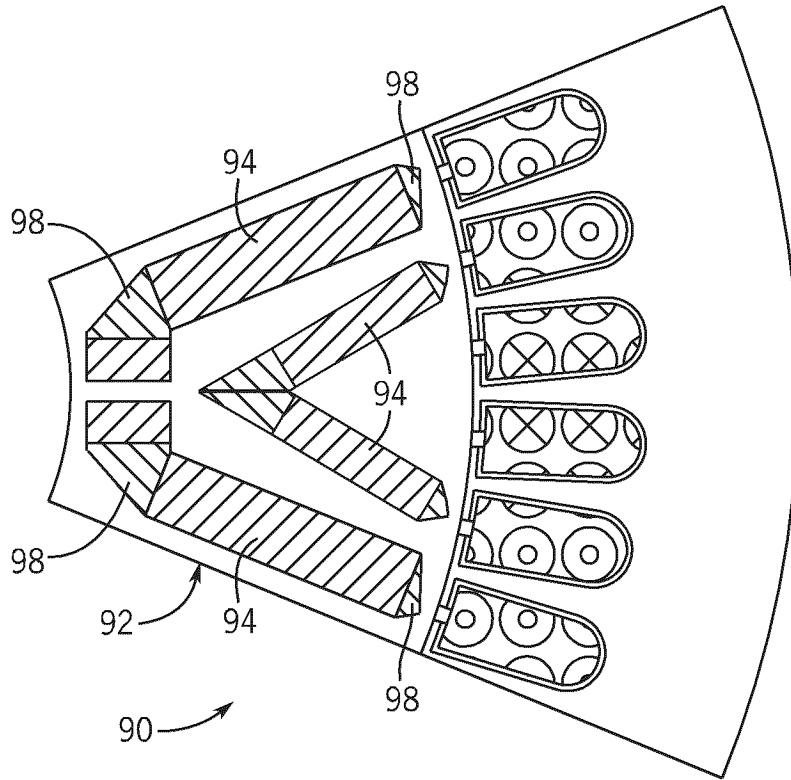


图 6

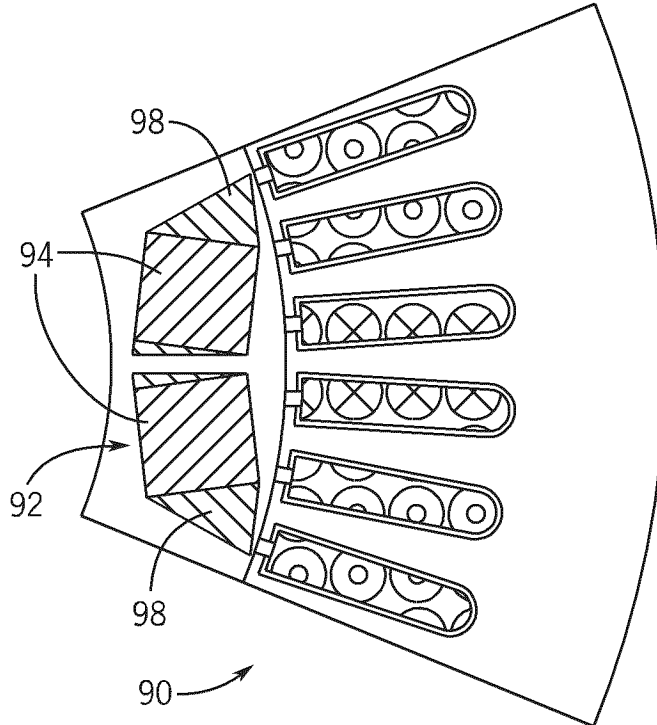


图 7