



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115324829 A

(43) 申请公布日 2022. 11. 11

(21) 申请号 202210506186.2

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2022.05.10

F03D 13/10 (2016.01)

(30) 优先权数据

F03D 80/00 (2016.01)

21382425.3 2021.05.10 EP

F03D 13/25 (2016.01)

(71) 申请人 通用电气可再生能源西班牙有限公司

地址 西班牙巴塞隆拿

(72) 发明人 P·珀佐托雷斯

V·泰谢内德布拉齐

M·阿瓦涅索夫 J·C·乌雷斯蒂

R·佩隆 A·弗朗西斯佩雷斯

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

专利代理师 蔡宗鑫 万欣

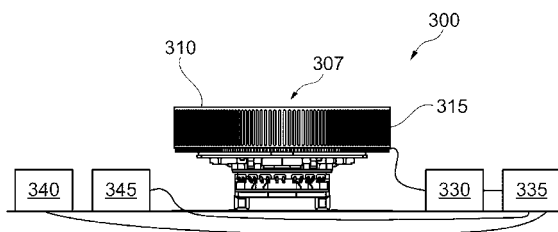
权利要求书1页 说明书11页 附图5页

(54) 发明名称

用于发电机的电枢组件和组装方法

(57) 摘要

本公开涉及用于组装永磁电机的电枢组件和用于组装永磁电机的方法。电枢组件包括具有多个线圈的电枢。该电枢组件还包括功率源和控制系统,该功率源和控制系统配置成在永磁电机的组装期间当包括一个或多个永磁体的场部和电枢中的一个接近场部和电枢中的另一个时选择性地对多个线圈进行馈送。永磁电机可为用于风力涡轮并且特别地用于直接驱动风力涡轮的永磁发电机。



1. 一种用于组装发电机定子(307)和承载永磁体(325)的发电机转子(317)的方法(400),所述方法包括:

将所述发电机转子(317)和所述发电机定子(307)中的至少一个朝向所述发电机转子和所述发电机定子中的另一个移动(410);和

同时对所述定子(307)的电枢(310)进行电馈送(420)。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中,正的和负的DC电流被馈送到所述电枢(310)。

3. 根据权利要求1或2所述的方法,其中,框架(380, 390)移动所述发电机转子(317)和所述发电机定子(307)中的至少一个。

4. 根据权利要求1至3中的任一项所述的方法,其中,所述电枢(310)的一部分独立于所述电枢的另一部分被电馈送。

5. 根据权利要求1至4中的任一项所述的方法,还包括:

确定在一个或多个位置处在所述发电机转子(317)和所述发电机定子(307)之间的距离(370);和

至少部分地基于所确定的距离(370)对所述电枢(310)进行电馈送。

6. 根据权利要求1至5中的任一项所述的方法,其中,所述发电机转子(317)和所述发电机定子(307)中的所述至少一个被竖直地移动(350)。

7. 根据权利要求1至6中的任一项所述的方法,还确定施加在所述发电机转子(317)和所述发电机定子(307)中的至少一个上的扭矩;和

至少部分地基于所确定的扭矩对所述电枢(310)进行电馈送。

8. 一种电枢组件(300),包括:

电枢(310),其具有多个线圈(315);和

功率源(330)和控制系统(335),其配置成在永磁电机的组装期间当包括一个或多个永磁体(325)的场部(320)和所述电枢(310)中的一个接近所述场部和所述电枢中的另一个时选择性地对所述多个线圈(315)进行馈送。

9. 根据权利要求8所述的电枢组件,还包括一个或多个传感器(340),所述一个或多个传感器(340)配置成确定在一个或多个位置处在所述电枢(310)和所述场部(320)之间的距离(370)。

10. 根据权利要求8或9所述的电枢组件,还包括一个或多个传感器(345),所述一个或多个传感器(345)配置成确定施加在所述场部(320)和所述电枢(310)中的一个上的扭矩。

## 用于发电机的电枢组件和组装方法

### 技术领域

[0001] 本公开涉及用于电机的电枢组件和操作其的方法。更特别地,本公开涉及用于组装用于风力涡轮的永磁发电机的电枢组件和用于操作电枢组件的方法。

### 背景技术

[0002] 现代风力涡轮通常用来将电力供应到电力网中。这种类型的风力涡轮大体上包括塔架和布置在塔架上的转子。典型地包括毂和多个叶片的转子在风对叶片影响下开始旋转。所述旋转生成扭矩,该扭矩通常通过转子轴直接地(“直接驱动”或“无齿轮传动”)或通过齿轮箱传递到发电机。这样,发电机产生可供应到电力网的电力。

[0003] 风力涡轮毂可能旋转地联接到机舱的前部。风力涡轮毂可连接到转子轴,并且然后可使用布置在机舱内部的一个或多个转子轴轴承将转子轴能够旋转地安装在机舱中。机舱是布置在风力涡轮塔架的顶部上的壳体,其典型地包含并保护例如齿轮箱(如果存在)和发电机,以及另外的部件(取决于风力涡轮),诸如功率转换器和辅助系统。

[0004] 发电机可具有场部和电枢,该场部配置成生成磁场,并且该电枢配置成支持由于由电枢和场部的相对运动产生的时变磁场而在其绕组中感生的电压。在示例中,电枢在操作中可为静止的,并且场部可例如通过轴而为可旋转的。轴可为风力涡轮转子的转子轴。

[0005] 场部可包括永磁体。永磁发电机可被认为比其它类型的发电机更可靠,并且需要更少的维护。它们可能特别适用于海上风力涡轮。可在永磁体模块中设置永磁体,该永磁体模块可作为单个件附接到场部。永磁体模块可布置在场部的边沿的外圆周或内圆周上。

[0006] 永磁体模块可限定为具有多个永磁体的单元,使得该多个磁体可一起安装和卸载。这样的模块可具有模块基部,该模块基部具有适合于容纳或接收多个永磁体的形状。磁体可以多种多样的方式固定到基部。基部可构造成以这样的方式固定到场部边沿(例如转子边沿),使得多个磁体通过模块基部一起固定到场部边沿。永磁体模块的使用可有利于发电机场部的制造。

[0007] 不管永磁体是否按模块分组,磁体通常布置成以便导致遵循横跨场部(例如,转子的永磁体)和电枢(例如,定子的线圈)之间的空气间隙的路径的磁通,以这样的方式使得磁通到达并影响电枢。

[0008] 已知的是,通过使转子处于定子内部或使定子处于转子内部来组装大型电机,如直接驱动风力涡轮发电机。一旦场部和电枢已经被放在一起,磁体就可被磁化并附接到场部。由于这些步骤将在发电机的主要生产线中进行,这可能是相对缓慢和耗时的过程。

[0009] 在场部和电枢接近之前将永磁体附接到场部可实现更快的组装过程。例如,具有已经磁化的磁体的转子可被放置在具有线圈的定子上。然而,已经磁化的磁体的存在可导致场部相当强烈地磁吸引电枢。在电枢和场部之间可产生超过1 T(特斯拉)的磁场。在电枢和场部之间的磁力可为400、600或更多kN(千牛顿)。因此,使定子和/或转子变形和损坏的概率可能随着这种选择而增加。场部中已经磁化的磁体的存在可使电枢和场部以有效、容易、快速和安全的方式放在一起变得复杂。

[0010] 尽管在本公开中重点关注风力涡轮发电机,并且特别是直接驱动风力涡轮的永磁发电机(其比在具有齿轮箱的风力涡轮中使用的发电机大得多且重得多),但在其它电机的组装中可能出现类似的问题和挑战。

## 发明内容

[0011] 在本公开的一个方面,提供了一种电枢。该电枢组件包括电枢,该电枢包括多个线圈。该电枢组件还包括功率源和控制系统,该功率源和控制系统配置成在永磁电机的组装期间当包括一个或多个永磁体的场部和电枢中的一个接近场部和电枢中的另一个时选择性地对多个线圈进行馈送。电机可为用于风力涡轮(并特别地直接驱动风力涡轮)的永磁发电机。

[0012] 根据该方面,电流可被注入到电枢以产生与由永磁体产生的磁场相反(在方向上)的磁场。因此,可减小所得到的总磁场,并且可减小和补偿包括磁化永磁体的场部和电枢之间的吸引力。因此,在组装过程期间可避免转子和/或定子的变形和损坏。

[0013] 由于磁体可在发电机的主生产线之外连结到场部,所以发电机的组装过程可更快。在场部预组装操作期间检查和控制质量如果是在将场部连结到电枢之前被执行,则其也可能更容易。

[0014] 在另一个方面,提供了一种用于组装承载永磁体的发电机转子和发电机定子的方法。该方法包括将发电机转子和发电机定子中的至少一个朝向发电机转子和发电机定子中的另一个移动。该方法还包括对发电机定子的电枢同时进行电馈送。

[0015] 在又一个方面,提供了另一种用于组装用于风力涡轮的包括电枢和场部的永磁发电机的方法。该方法包括使场部朝向电枢轴向地和竖直地下降。该方法还包括在场部下降的同时将电流注入电枢。

[0016] 技术方案1. 一种用于组装发电机定子(307)和承载永磁体(325)的发电机转子(317)的方法(400),所述方法包括:

将所述发电机转子(317)和所述发电机定子(307)中的至少一个朝向所述发电机转子和所述发电机定子中的另一个移动(410);和

同时对所述定子(307)的电枢(310)进行电馈送(420)。

[0017] 技术方案2. 根据技术方案1所述的方法,其中,正的和负的DC电流被馈送到所述电枢(310)。

[0018] 技术方案3. 根据技术方案1或2所述的方法,其中,框架(380, 390)移动所述发电机转子(317)和所述发电机定子(307)中的至少一个。

[0019] 技术方案4. 根据技术方案1至3中的任一项所述的方法,其中,所述电枢(310)的一部分独立于所述电枢的另一部分被电馈送。

[0020] 技术方案5. 根据技术方案1至4中的任一项所述的方法,还包括:

确定在一个或多个位置处在所述发电机转子(317)和所述发电机定子(307)之间的距离(370);和

至少部分地基于所确定的距离(370)对所述电枢(310)进行电馈送。

[0021] 技术方案6. 根据技术方案1至5中的任一项所述的方法,其中,所述发电机转子(317)和所述发电机定子(307)中的所述至少一个被竖直地移动(350)。

[0022] 技术方案7. 根据技术方案1至6中的任一项所述的方法,还确定施加在所述发电机转子(317)和所述发电机定子(307)中的至少一个上的扭矩;和  
至少部分地基于所确定的扭矩对所述电枢(310)进行电馈送。

[0023] 技术方案8. 一种电枢组件(300),包括:  
电枢(310),其具有多个线圈(315);和  
功率源(330)和控制系统(335),其配置成在永磁电机的组装期间当包括一个或多个永磁体(325)的场部(320)和所述电枢(310)中的一个接近所述场部和所述电枢中的另一个时选择性地对所述多个线圈(315)进行馈送。

[0024] 技术方案9. 根据技术方案8所述的电枢组件,还包括一个或多个传感器(340),所述一个或多个传感器(340)配置成确定在一个或多个位置处在所述电枢(310)和所述场部(320)之间的距离(370)。

[0025] 技术方案10. 根据技术方案8或9所述的电枢组件,还包括一个或多个传感器(345),所述一个或多个传感器(345)配置成确定施加在所述场部(320)和所述电枢(310)中的一个上的扭矩。

[0026] 技术方案11. 根据技术方案8至10中的任一项所述的电枢组件,还包括构造成保持所述电枢(310)的电枢框架(380)。

[0027] 技术方案12. 根据技术方案11所述的电枢组件,其中,所述电枢框架(380)构造成将所述电枢(310)朝向所述场部(320)移动。

[0028] 技术方案13. 根据技术方案8至12中的任一项所述的电枢组件,还包括构造成保持所述永磁体的场部(320)的场部框架(390)。

[0029] 技术方案14. 根据技术方案13所述的电枢组件,其中,所述场部框架(390)构造成将所述场部(320)朝向所述电枢(310)移动。

[0030] 技术方案15. 根据技术方案8至14所述的电枢组件,其中,所述永磁电机是发电机,并且具体地是用于直接驱动风力涡轮的风力涡轮发电机(42)。

## 附图说明

[0031] 图1示意性地图示风力涡轮的一个示例的透视图;

图2图示图1的风力涡轮的机舱的一个示例的简化内部横截面视图;

图3示意性地图示电枢组件的示例的侧视图;

图4示意性地图示包括场部的发电机转子和包括正在被接近的电枢的发电机定子的示例的侧视图;

图5示意性地图示包括由框架支撑的电枢的发电机定子的示例的透视图;

图6示意性地图示用于组装用于风力涡轮的永磁发电机的方法的示例;和

图7示意性地图示用于组装用于风力涡轮的永磁发电机的方法的另一个示例。

## 具体实施方式

[0032] 现在将详细参考本发明的实施例,其一个或多个示例在附图中被图示。每个示例通过解释本发明的方式被提供,而不是作为对本发明的限制。事实上,对于本领域技术人员来说将显而易见的是,在不脱离本发明的范围或精神的情况下,可在本发明中进行各种修

改和变型。例如,作为一个实施例的部分被图示或描述的特征可与另一个实施例一起使用,以产生又一另外的实施例。因此,意图是,本发明覆盖如归入所附权利要求书的范围内的这种修改和变型及其等同物。

[0033] 尽管特别地示出了用于风力涡轮的发电机的电枢的示例,但是相同或类似的电枢组件和方法也可在其它应用中使用。

[0034] 图1是风力涡轮10的示例的透视图。在该示例中,风力涡轮10是水平轴式风力涡轮。备选地,风力涡轮10可为垂直轴式风力涡轮。在该示例中,风力涡轮10包括从在地面12上的支撑系统14延伸的塔架100、安装在塔架100上的机舱16以及联接到机舱16的转子18。转子18包括可旋转的毂20和至少一个转子叶片22,至少一个转子叶片22联接到毂20并从毂20向外延伸。在该示例中,转子18具有三个转子叶片22。在备选实施例中,转子18包括多于或少于三个转子叶片22。塔架100可由管状钢制成,以在支撑系统14和机舱16之间限定空腔(图1中未示出)。在备选实施例中,塔架100是具有任何合适高度的任何合适类型的塔架。根据备选方案,该塔架可为混合塔架,其包括由混凝土制成的部分和管状钢部分。另外,塔架可为部分格构(lattice)塔架或全格构塔架。

[0035] 转子叶片22围绕毂20间隔开,以便于旋转转子18,从而使动能能够从风能转换成可用的机械能,并随后转换成电能。转子叶片22通过在多个负载转移区域26处将叶片根部部分24联接到毂20而配合到毂20。负载转移区域26可具有毂负载转移区域和叶片负载转移区域(图1中均未示出)。诱导至转子叶片22的负载经由负载转移区域26转移到毂20。

[0036] 在示例中,转子叶片22可具有从约15米(m)至约90 m或更多的长度。转子叶片22可具有使得风力涡轮10能够如本文中所述那样起作用的任何合适的长度。例如,叶片长度的非限制性示例包括20 m或更短、37 m、48.7 m、50.2 m、52.2 m或大于91 m的长度。当风从风向28冲击转子叶片22时,转子18围绕旋转轴线30旋转。当转子叶片22旋转并受到离心力时,转子叶片22也受到各种力和力矩。照此,转子叶片22可从中性或非偏转位置偏转和/或旋转到偏转位置。

[0037] 此外,转子叶片22的变桨角度(即确定转子叶片22相对于风向的取向的角度)可由变桨系统32改变,以通过调节至少一个转子叶片22相对于风矢量的角向位置来控制由风力涡轮10产生的负载和功率。示出了转子叶片22的变桨轴线34。在风力涡轮10的操作期间,变桨系统32可特别地改变转子叶片22的变桨角度,使得转子叶片(的部分)的攻角减小,这有利于减小旋转速度和/或有利于转子18的停止。

[0038] 在该示例中,每个转子叶片22的叶片变桨由风力涡轮控制器36或变桨控制系统80单独控制。备选地,所有转子叶片22的叶片变桨可由所述控制系统同时控制。

[0039] 此外,在该示例中,随着风向28改变,机舱16的偏航方向可围绕偏航轴线38旋转,以相对于风向28定位转子叶片22。

[0040] 在该示例中,风力涡轮控制器36示出为集中在机舱16内,然而,风力涡轮控制器36可为遍布风力涡轮10、在支撑系统14上、在风电场内和/或在远程控制中心处的分布式系统。风力涡轮控制器36包括处理器40,处理器40配置成执行本文中描述的方法和/或步骤。此外,本文中描述的许多其它部件包括处理器。

[0041] 如本文中所示,术语“处理器”不限于在本领域中被称为计算机的集成电路,而是广泛地指控制器、微控制器、微型计算机、可编程逻辑控制器(PLC)、专用集成电路和其它可

编程电路,并且这些术语在本文中可互换地使用。应当理解,处理器和/或控制系统也可包括存储器、输入通道和/或输出通道。

[0042] 图2是风力涡轮10的一部分的放大截面图。在该示例中,风力涡轮10包括机舱16和能够旋转地联接到机舱16的转子18。更具体地,转子18的毂20通过主轴44、齿轮箱46、高速轴48和联轴器50能够旋转地联接到定位在机舱16内的发电机42。在该示例中,主轴44设置成至少部分与机舱16的纵向轴线(未示出)同轴。主轴44的旋转驱动齿轮箱46,齿轮箱46随后通过将转子18和主轴44的相对较慢的旋转移动转化为高速轴48的相对较快的旋转移动来驱动高速轴48。高速轴48借助于联轴器50连接到发电机42,以用于产生电能。此外,变压器90和/或合适的电子设备、开关和/或逆变器可布置在机舱16中,以便将具有400 V至1000 V之间的电压的由发电机42生成的电能变换成具有中压(10-35 KV)的电能。所述电能经由电力电缆从机舱16传导到塔架100中。

[0043] 齿轮箱46、发电机42和变压器90可由机舱16的主支撑结构框架支撑,该主支撑结构框架任选地实施为主框架52。齿轮箱46可包括通过一个或多个扭矩臂103连接到主框架52的齿轮箱壳体。在该示例中,机舱16还包括主前支撑轴承60和主后支撑轴承62。此外,发电机42可通过脱离支撑装置54安装到主框架52,特别是为了防止发电机42的振动被引入到主框架52中,并因此导致噪声发射源。

[0044] 任选地,主框架52构造成承载由转子18和机舱16的部件的重量以及由风和旋转负载导致的全部负载,并且进一步将这些负载引入到风力涡轮10的塔架100中。转子轴44、发电机42、齿轮箱46、高速轴48、联轴器50以及任何相关联的紧固、支撑和/或固定设备(包括但不限于支撑件52以及前支撑轴承60和后支撑轴承62)有时被称为传动系64。

[0045] 在一些示例中,风力涡轮可为没有齿轮箱46的直接驱动风力涡轮。在直接驱动风力涡轮中,发电机42以与转子18相同的旋转速度操作。因此,它们大体上具有比具有齿轮箱46的风力涡轮中使用的发电机大得多的直径,以用于提供与具有齿轮箱的风力涡轮相似量的功率。

[0046] 机舱16还可包括偏航驱动机构56,偏航驱动机构56可用于使机舱16旋转,并且因此也使转子18围绕偏航轴线38旋转,以控制转子叶片22相对于风向28的视角。

[0047] 为了相对于风向28适当地定位机舱16,机舱16还可包括至少一个气象测量系统,该系统可包括风向标和风速计。气象测量系统58可向风力涡轮控制器36提供信息,该信息可包括风向28和/或风速。在该示例中,变桨系统32至少部分地布置为毂20中的变桨组件66。变桨组件66包括一个或多个变桨驱动系统68和至少一个传感器70。每个变桨驱动系统68联接到相应的转子叶片22(在图1中示出),用于沿着变桨轴线34调制转子叶片22的变桨角度。图2中仅示出了三个变桨驱动系统68中的一个。

[0048] 在该示例中,变桨组件66包括至少一个变桨轴承72,该变桨轴承72联接到毂20和相应的转子叶片22(图1中示出),用于使相应的转子叶片22围绕变桨轴线34旋转。变桨驱动系统68包括变桨驱动马达74、变桨驱动齿轮箱76和变桨驱动小齿轮78。变桨驱动马达74联接到变桨驱动齿轮箱76,使得变桨驱动马达74将机械力施加到变桨驱动齿轮箱76。变桨驱动齿轮箱76联接到变桨驱动小齿轮78,使得变桨驱动小齿轮78由变桨驱动齿轮箱76旋转。变桨轴承72联接到变桨驱动小齿轮78,使得变桨驱动小齿轮78的旋转导致变桨轴承72的旋转。

[0049] 变桨驱动系统68联接到风力涡轮控制器36,用于在从风力涡轮控制器36接收到一个或多个信号时调节转子叶片22的变桨角度。在该示例中,变桨驱动马达74是由电功率和/或液压系统驱动的任何合适的马达,其使得变桨组件66能够如本文中所述那样起作用。备选地,变桨组件66可包括任何合适的结构、构造、布置和/或部件,诸如但不限于液压缸、弹簧和/或伺服机构。在某些实施例中,变桨驱动马达74由从毂20的旋转惯量和/或向风力涡轮10的部件供应能量的存储能量源(未示出)提取的能量驱动。

[0050] 变桨组件66还可包括一个或多个变桨控制系统80,用于在特定的优先情况下和/或在转子18超速期间根据来自风力涡轮控制器36的控制信号来控制变桨驱动系统68。在该示例中,变桨组件66包括至少一个变桨控制系统80,该变桨控制系统80通信地联接到相应的变桨驱动系统68,用于独立于风力涡轮控制器36控制变桨驱动系统68。在该示例中,变桨控制系统80联接到变桨驱动系统68和传感器70。在风力涡轮10的正常操作期间,风力涡轮控制器36可控制变桨驱动系统68来调节转子叶片22的变桨角度。

[0051] 根据实施例,例如包括电池和电容器的功率发生器84布置在毂20处或毂20内,并且联接到传感器70、变桨控制系统80和变桨驱动系统68,以向这些部件提供功率源。在该示例中,功率发生器84在风力涡轮10的操作期间向变桨组件66提供持续的功率源。在备选实施例中,功率发生器84仅在风力涡轮10的电功率损失事件期间向变桨组件66提供功率。电功率损失事件可包括电力网损失或下降、风力涡轮10的电气系统的故障和/或风力涡轮控制器36的故障。在电功率损失事件期间,功率发生器84操作以向变桨组件66提供电功率,使得变桨组件66可在电功率损失事件期间操作。

[0052] 在该示例中,变桨驱动系统68、传感器70、变桨控制系统80、电缆和功率发生器84各自定位在由毂20的内表面88限定的空腔86中。在备选实施例中,所述部件相对于毂20的外表面定位,并且可直接地或间接地联接到外表面。

[0053] 本公开的一个方面提供了电枢组件300。电枢组件300包括电枢310,电枢310包括多个线圈315。电枢组件300还包括功率源330和控制系统335,该功率源330和控制系统335配置成在永磁电机的组装期间当包括一个或多个永磁体325的场部320和电枢310中的一个接近场部320和电枢310中的另一个时选择性地对多个线圈315进行(电)馈送。永磁电机可为用于风力涡轮10的永磁发电机,并且更特别地用于直接驱动风力涡轮的永磁发电机。

[0054] 图3和图4示出了电枢组件300的示例,其中电枢310包括在发电机定子307中。在其它示例中,电枢310可包括在发电机转子317中。

[0055] 电枢310的线圈315可分组成绕组。绕组可理解为包括在电枢中的电导体,例如导线。绕组可例如围绕电枢齿缠绕形成匝。一组匝可称为线圈。因此,绕组可包括一个或多个线圈。例如,绕组可包括十五个线圈,并且每个线圈可围绕电枢齿缠绕。

[0056] 电枢310可包括多于一个绕组。例如,电枢310可包括三个、六个、九个或更多个绕组。每个绕组可配置成提供通常不同于其它电相的电相。

[0057] 图4示出了如何可接近场部320和电枢310(即,如何可接近包括场部320的转子317和包括电枢310的定子307)。在图4中,场部320包括在转子317中,但在其它示例中,场部320可在定子307中。

[0058] 尽管图4的组装的转子317和定子307将形成径向磁场电机,但本公开也可适用于轴向磁场电机或横向磁场电机。

[0059] 如图4中所图示,场部320可例如在竖直和轴向方向350上下降,使得场部320径向地围绕电枢310。在一些其它示例中,场部320可构造成径向地放置在电枢310内部。在一些示例中,电枢310可为将朝向场部320下降的电枢。

[0060] 另外在一些其它示例中,场部320和电枢310可构造成并排设置或在任何合适的方向上接近。一般来说,场部320和电枢310中的一者或两者可朝向它们中的另一者移动。

[0061] 当包括一个或多个永磁体325的场部320和电枢310被组装时,场部320和电枢310之间可产生磁吸引力。例如,当场部320中的永磁体325和电枢310中的线圈315开始彼此面对或在径向方向355上对齐时,可在径向方向355上产生磁吸引力。

[0062] 在一些示例中,场部320和电枢310之间的空气间隙370例如在径向方向355上可小于10 mm(毫米),例如在5和7 mm之间。因此,在这些结构之间可产生相当强的磁场,这些磁场达到并超过1 T。因此,场部320和/或电枢310可能变形,并且甚至彼此碰撞,受到损坏并破坏发电机42的组装。

[0063] 当场部320和电枢310正在接近时,沿着电枢310的流通电流可在由永磁体产生的磁场的相反方向上产生磁场。可减小在这些结构之间的总的所得磁场和因此也减小它们之间磁吸引力,从而能够实现发电机42的更有效且更安全的组装。

[0064] 功率源330可配置成对电枢310的线圈315进行馈送。功率源可包括任何种类的合适的电池。在一些示例中,转换器可用来向线圈315供应功率。

[0065] 功率源330可连接到线圈315。连接可能需要例如两根导线或线缆,一根用于将电流朝向线圈引导,并且另一根用于将电流引导到线圈外并闭合电路。

[0066] 功率源330可向电枢310的一个或多个绕组供应功率。在一些示例中,电流可同时流通通过电枢310的所有绕组。在一些其它示例中,电流可同时流通通过电枢310的一些但不是所有绕组。在任何示例中,电流可至少部分地同时流通通过两个或更多个绕组。

[0067] 可使用多于一个的功率源以用于对绕组进行电馈送。例如,可提供与电枢310的绕组的数目相等数目的功率源。在该示例中,每个绕组将具有专用功率源330。

[0068] 使用一个或多个开关来改变哪些绕组被馈送也是可能的。

[0069] 可将任何DC电流和AC电流供应到电枢310。在DC电流的情况下,所供应的电流的幅度(amplitude)和流通方向可适于在由永磁体产生的磁场的相反方向上产生磁场,并抵消电枢310和场部320之间的吸引力。

[0070] 在一些示例中,电枢310可分成两个或更多个扇区365。参见图5,扇区365可理解为包括多个线圈315的电枢310的一部分。线圈可为毗邻的。扇区365可由来自其它扇区的功率源330独立地馈送。可以这种方式增强对电枢310和场部320之间的距离(例如,空气间隙370)的控制。在一些示例中,扇区365可包括仅一个线圈。对扇区的所有绕组或仅一些绕组进行电馈送可为可能的。

[0071] 控制系统335配置成在电枢315和场部320接近期间控制要注入到多个线圈315的电流。控制系统335可包括控制器,并且控制器可包括存储器和处理器。存储器可包括将由处理器读取和执行的指令。存储器还可包括数据,例如由一个或多个传感器关于场部320和/或电枢310测量的数据。处理器可读取和执行存储在存储器中的指令。控制器可为主控制器。

[0072] 控制系统335(例如控制器)可与功率源330通信地联接。如果存在附加功率源,则

控制系统335可与一些或所有附加功率源通信地联接。控制系统335可指示一个或多个功率源要施加到绕组的电压或要供应到绕组的电流。

[0073] 控制系统335可指示电流幅度和/或流通的方向。控制系统335可指示哪些绕组被馈送以及它们被馈送的时间。在场部320和电枢310被组装时,相同绕组可被馈送多于一次。

[0074] 控制系统可具有附加控制器,以用于在场部320和电枢310的接近期间调适通过绕组的电流流通。例如,可为每个绕组提供局部控制器。局部控制器也可控制多于一个的绕组。在示例中,电枢310可具有六个绕组,第一局部控制器可配置成控制绕组中的三个,并且第二控制器可配置成控制三个剩余绕组。类似地,可提供用于控制电枢310的特定扇区365的局部控制器。

[0075] 电枢组件300还可包括一个或多个传感器340。控制系统335可配置成基于由一个或多个传感器提供的测量结果来控制注入电枢310的电流。

[0076] 一个或多个传感器340可配置成确定在一个或多个位置处在电枢310和场部320之间的距离。该距离可为空气间隙370。该距离可为水平或径向距离。在示例中,多个传感器340可围绕转子和/或定子的圆周布置,以确定空气间隙沿着圆周是否恒定。如果测量到偏差,则可注入电流来补偿这种偏差。可附加地或备选地确定电枢310和场部320之间的竖直或轴向距离。

[0077] 可使用任何合适的传感器,其能够检测电枢310和场部320彼此的接近程度,特别是磁化永磁体和线圈的接近程度。该距离可在如下方向上确定:一旦电枢310和场部320被组装,磁通量便将从永磁体流到线圈315所在的方向。在图4中,该方向将是径向或水平方向355。

[0078] 确定可为直接的或间接的。直接确定可包括测量电枢和场部之间的距离。间接确定可包括测量基准与场部320之间的第一距离以及基准与电枢310之间的第二距离。然后可从第一和第二距离获得场部320和电枢310之间的距离。基准可为传感器。间接确定可包括测量任何合适的物理量(例如,力)并由传感器340或由控制系统335从该(一个或多个)值确定场部和电枢之间的距离,例如空气间隙370。

[0079] 传感器可连接或附接到电枢310、场部320或特定支撑件。特定支撑件可支撑或连接到电枢310、场部320,或者不支撑或连接到它们中的任何一个。

[0080] (一个或多个)传感器340可与控制系统335通信地连接。当传感器测量一个或多个值时,它可将它们发送到控制系统335。控制系统335可指令功率源330修改供应到电枢310的线圈315的功率。修改可包括改变施加到一个或多个绕组的电压或电流的量值。修改还可包括改变流通通过一个或多个绕组的电流的方向。电流的量值和/或方向可被修改。

[0081] 根据由一个或多个传感器340确定的值,控制系统335可指示功率源330保持正被馈送到一个或多个绕组的功率,而不是改变它。

[0082] 如果有多于一个的传感器用于测量电枢310和场部320之间的距离,例如空气间隙370,则上述说明也适用于其它距离传感器。

[0083] 如果发电机42是径向机器,如例如在图3至图5中那样,则多个距离传感器可在切线方向360上放置。它们可被均匀地间隔。例如,六个距离传感器可围绕电枢310(或场部320)放置,其中,在沿着切线方向360的任何位置上的两个毗邻传感器之间的空间可为 $60^\circ$ 。

[0084] 电枢组件300可包括一个或多个传感器345,该一个或多个传感器345配置成确定

施加在场部和电枢中的一个上的扭矩。当电枢310和场部320接近时，它们之间的磁力可导致电枢310和/或场部320相对于另一个旋转。例如，在图4中，场部320和/或电枢310可开始在切线360方向上旋转。这样的旋转(和可能地在其它方向上的一些变形)可至少部分地由保持这些部件的结构或框架380(例如，电枢框架)来阻止或减少。然而，这可能不足以避免由于磁吸引力而产生的变形，并且能够实现场部320和电枢310的精确和有效的组装。

[0085] 用于确定电枢310和场部320中的一个相对于另一个的扭矩或旋转的传感器345可提供直接或间接的确定。间接确定可包括测量一个或多个合适的物理量并从该物理量中提取扭矩值。在一些示例中，角速度可被测量。由传感器345测量或确定的一个或多个值可被转发到控制系统，例如转发到控制器。这样的控制器可为主控制器，或者可为不同的控制器。

[0086] 扭矩传感器345可包括测力仪(load cell)或者线性或角编码器。其它扭矩传感器是可能的。扭矩传感器可附接或连接到场部320或电枢310。例如，扭矩传感器可附接或连接到构造成朝向另一结构(场部320或电枢310)移动的结构(电枢310或场部320)。可使用多于一个扭矩传感器。

[0087] 控制器(例如，主控制器)可根据从一个或多个扭矩传感器接收或确定的扭矩值来调适馈送到一个或多个绕组的功率。如果支撑件或框架正在支撑或保持场部320或电枢310，则可移动(例如，旋转)支撑件以补偿扭矩。

[0088] 电枢组件300还可包括构造成保持电枢310的电枢框架或机械加强件380。图5中示出了这样的框架380的示例。在该示例中，框架380构造成避免或至少减少当场部320接近电枢310时电枢310所经历的变形。电枢框架380可构造成将电枢310朝向场部320移动。

[0089] 类似地，电枢组件300还可包括构造成保持场部320的场部框架390。场部框架可构造成将场部320朝向电枢310移动。场部框架390可例如包括两个或更多个臂395，并且臂395可包括一个或多个夹具396。如在图4中那样，夹具396可保持场部320以使其朝向电枢310下降。臂395可使场部320能够在切线方向360上旋转。这样的旋转可补偿由一个或多个扭矩传感器345检测到的扭矩。

[0090] 场部框架390可包括允许根据需要机械地移动场部320以控制场部320的切向移动的任何部件。例如，场部框架390可根据一个或多个传感器(例如，测力仪)的先前测量结果来移动，以避免或减少场部320(例如，转子)在周向方向上的旋转。可使用能够测量场部320在周向方向上的位移的任何合适的传感器。

[0091] 电枢组件300还可包括包含多个永磁体的场部320。磁体可布置在磁体模块中。永磁体在接近电枢和场部之前被磁化。

[0092] 在图3至图5中，发电机是用于直接驱动风力涡轮的风力涡轮发电机。电枢包括在定子中，但在其它示例中，电枢可在转子中。在图4中，场部包括在转子中，但在其它示例中，场部可在定子中。

[0093] 在本公开的另一个方面，提供了一种用于组装承载永磁体的发电机转子317和发电机定子307的方法400。可使用如上面关于图3至图5描述的任何电枢组件300。

[0094] 该方法包括：在框410，将发电机转子317和发电机定子307中的至少一个朝向发电机转子317和发电机定子307中的另一个移动。例如，发电机转子和发电机定子中的至少一个可沿着发电机转子的旋转轴线移动，使得发电机转子和发电机定子中的一个径向地围绕

发电机转子和发电机定子中的另一个。电枢310和场部320可在轴向和垂直方向350上接近，如在图4中那样。发电机转子317和发电机定子307中的至少一个可竖直地移动。在一些其它示例中，它们可在轴向和水平方向上接近。一般来说，它们可在任何合适的方向上接近。

[0095] 接近在本文中应当被理解为使电枢310和场部320更靠近彼此，以便组装发电机42。接近可包括将电枢310和场部320中的一个朝向另一个移动。例如，场部320可朝向电枢310移动，如在图4中那样。接近也可包括将电枢310和场部320两者朝向两者中的另一者移动。

[0096] 在接近期间，电枢310和/或场部320可由框架380、390保持。例如，如在图5中那样，机械加强件380可保持电枢310，以减少当使场部320靠近电枢310时电枢310的变形。

[0097] 框架390可移动发电机转子317和发电机定子307中的至少一个。场部框架390(例如，包括具有夹具396的多个臂395)可用来保持和移动场部320。例如，如在图4中那样，具有夹具396的多个臂395可将场部320朝向电枢310移动(例如，下降)。在其它示例中，这样的框架可移动电枢310。

[0098] 该方法还包括：在框420，对发电机定子307的电枢310同时进行电馈送。一个或多个功率源330可执行该任务。电流可能不一定从转子和/或定子的位移的开始就被馈送。在达到场部320和电枢310之间的某个距离或位置之后，或者在已经达到某个量值的某个值之后，电流可开始被馈送。

[0099] 注入电枢的电流可为AC电流或DC电流。如果使用DC电流，则可将正的和负的DC电流馈送到电枢310。例如，一个或多个绕组可被馈送正DC电流，并且一个或多个不同绕组可被馈送负DC电流。可选择流通过绕组的电流的幅度和方向，以产生与由永磁体产生的磁场相反的磁场，并补偿电枢310和场部320之间的磁吸引力。

[0100] 可确定在一个或多个位置处发电机转子317和发电机定子307之间的距离，例如径向距离。电枢310可至少部分地基于所确定的距离被电馈送。可确定电枢310和场部320之间的距离。

[0101] 例如，当永磁体325在径向方向355上开始面对线圈315时，可确定空气间隙370。距离传感器可直接或间接地确定这样的距离370。控制系统335可从一个或多个传感器340(例如，一个或多个距离传感器)接收信息，并指示一个或多个功率源330以修改或保持正被馈送到电枢310的功率。由流通过电枢310的绕组的电流产生的磁力可以受控的方式抵消电枢310和场部320之间的磁吸引力。

[0102] 电枢310可分成两个或更多个扇区365或部分。电枢310的一部分365可独立于电枢310的另一部分365被电馈送。以这种方式，可改善对电枢310和场部320之间的磁力的控制和因此对组装过程的控制。

[0103] 该方法还可包括确定施加在发电机转子317和发电机定子307中的至少一个上的扭矩以及至少部分地基于确定的扭矩对电枢310进行电馈送。换句话说，可测量场部320和电枢310之间的旋转。一个或多个扭矩传感器345可直接或间接地确定扭矩，并且控制系统335的一个或多个控制器在指令一个或多个功率源330对电枢310进行馈送时可考虑该信息。

[0104] 控制系统330可附加地或备选地指示致动器以机械地对抗检测到的扭矩。例如，保持场部320的臂370可旋转场部320以减小正经历的扭矩并更好地控制场部320和电枢310的

接近。

[0105] 本公开的又一另外的方面提供了用于组装用于风力涡轮10的永磁发电机的另一方法500,该永磁发电机包括电枢310和场部310。类似于上面的方法400,可使用如关于图3至图5所述的任何电枢组件300。

[0106] 该方法包括:在框510,使场部320朝向电枢310轴向地和竖直地下降。如果场部320包括在转子317中,则转子317可下降。电枢310可由机械加强件380保持就位,如例如在图5中那样。如果电枢包括在定子307中,则定子是保持就位的那一个。

[0107] 该方法还包括:在框520,在场部320下降的同时将电流注入电枢310。注入的电流可为DC电流。一个或多个功率源330可将电流注入电枢310。

[0108] 该方法还可包括确定电枢310和场部320之间的水平距离。水平距离可为空气间隙370。一个或多个距离传感器340可直接或间接地感测水平距离。

[0109] 该方法还可包括确定场部320的扭矩。一个或多个扭矩传感器345可用来感测扭矩。

[0110] 关于图3至图5提供的说明可应用于该方法500。类似地,方法400的一个或多个方面可应用于方法500。

[0111] 本书面描述使用示例来公开本发明,包括优选实施例,并且还使得本领域的任何技术人员能够实践本发明,包括制造和使用任何设备或系统以及执行任何并入的方法。本发明的可专利性范围由权利要求书限定,并且可包括本领域技术人员想到的其它示例。如果这样的其它示例具有与权利要求书的字面语言没有区别的结构要素,或者如果它们包括与权利要求书的字面语言具有无实质性差异的等同结构要素,则这样的其它示例旨在处于权利要求书的范围内。本领域普通技术人员可混合和匹配所描述的各种实施例的方面以及每个这样的方面的其它已知等同物,以根据本申请的原理构造附加的实施例和技术。如果与附图相关的参考标记被置于权利要求中的括号中,那么它们仅仅是为了试图增加权利要求的可理解性,而不应被解释为限制权利要求的范围。

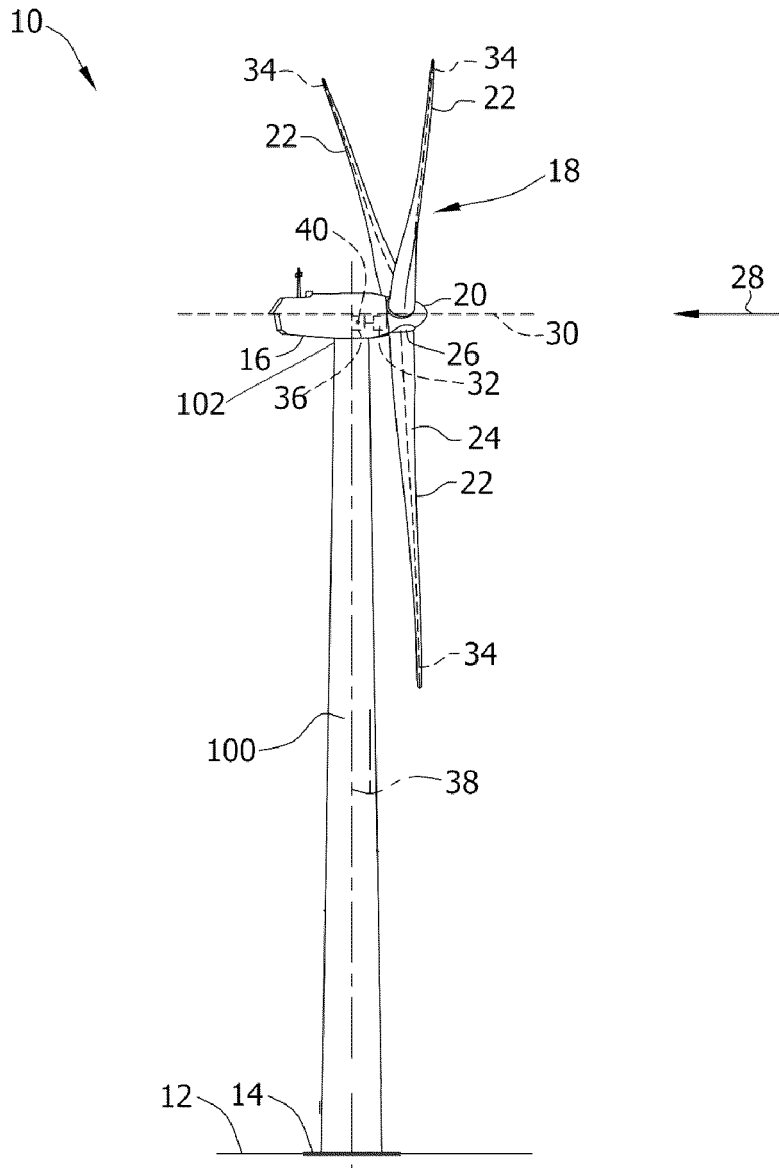


图 1

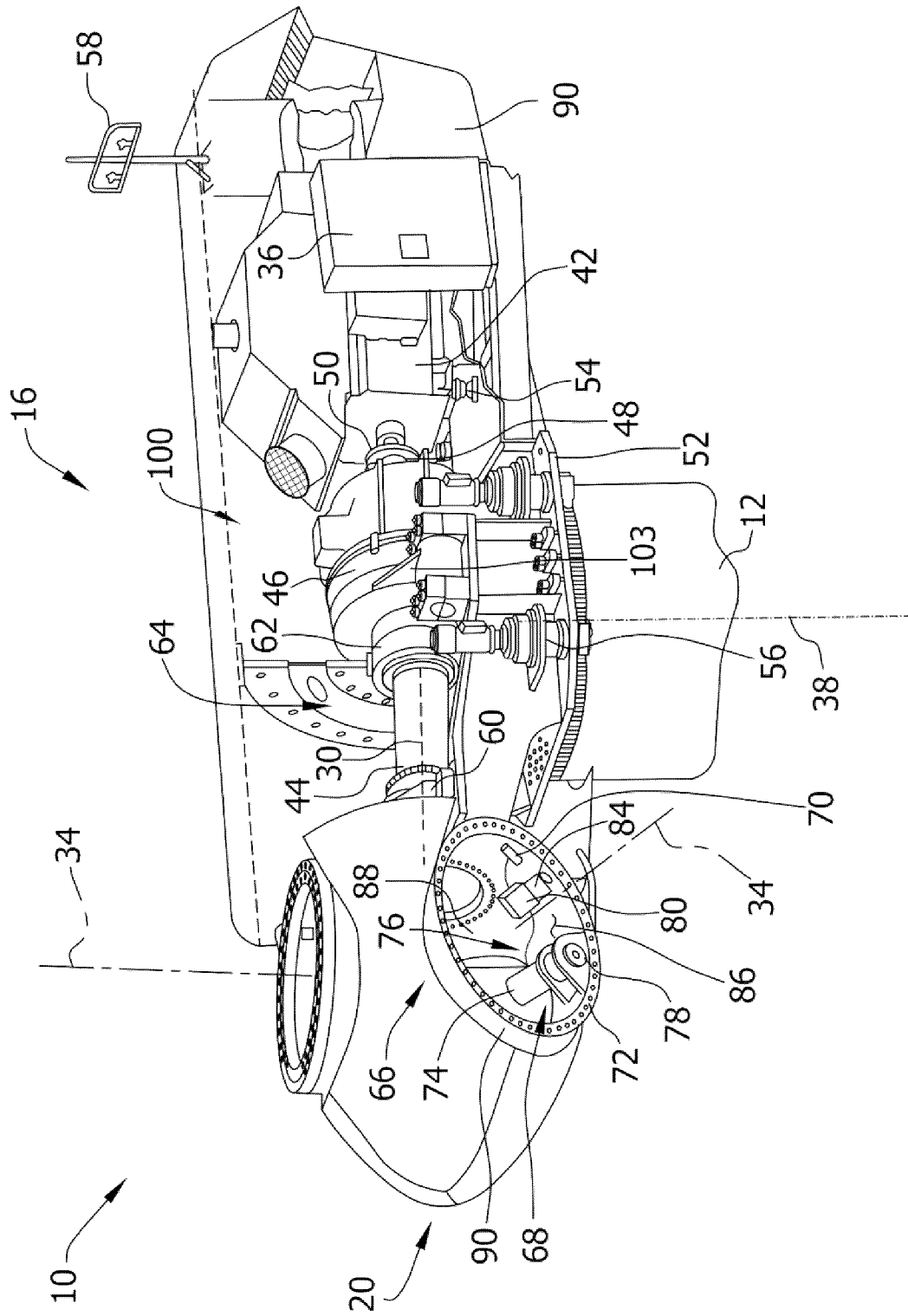


图 2

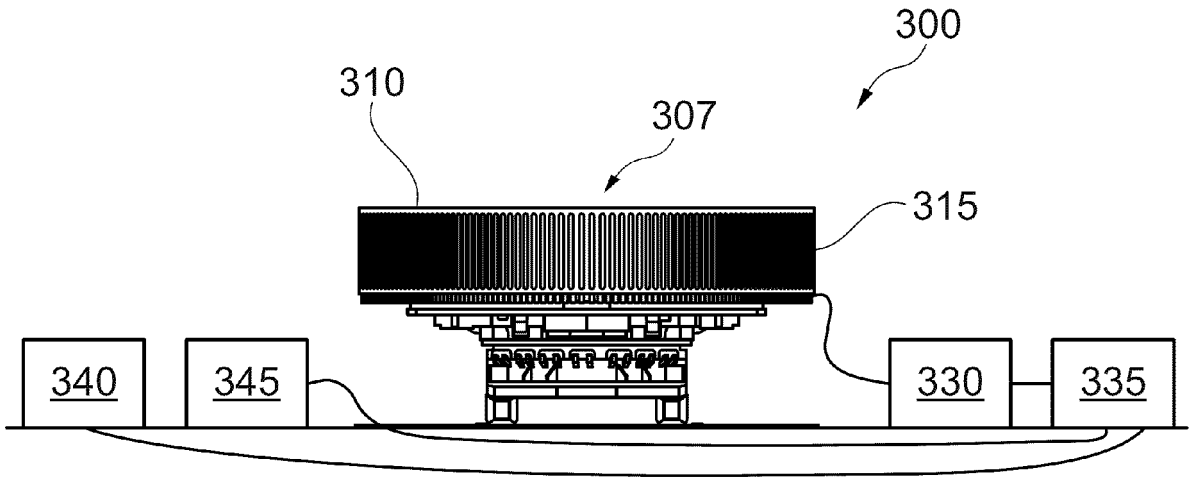


图 3

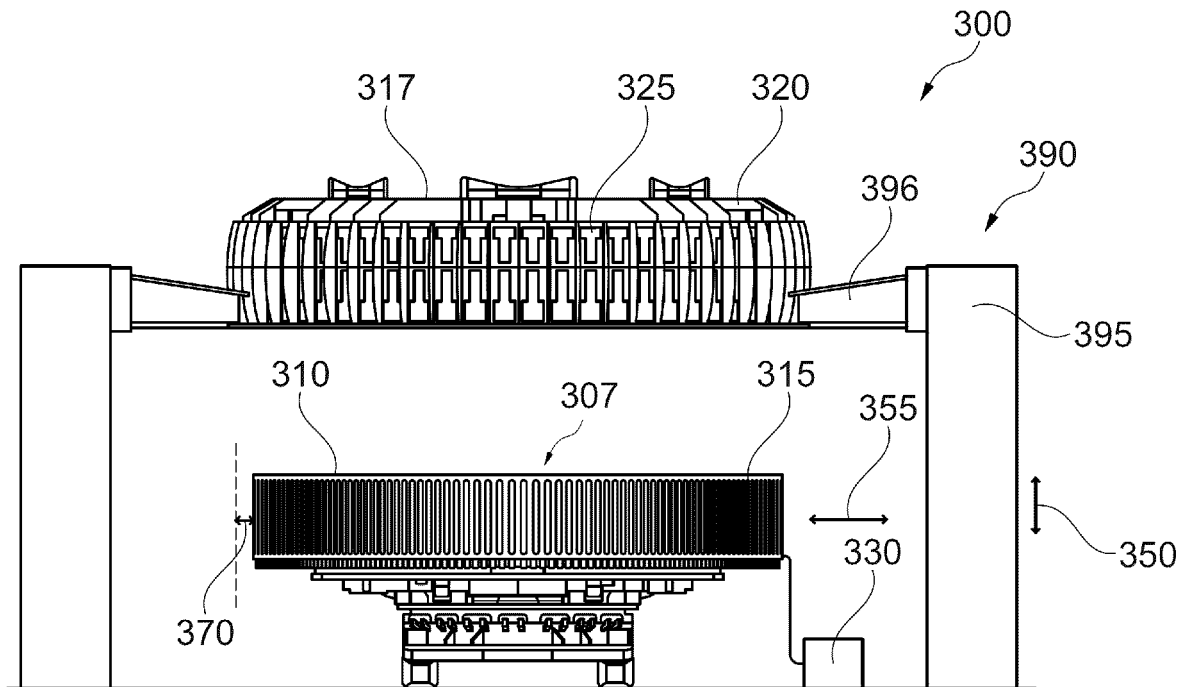


图 4

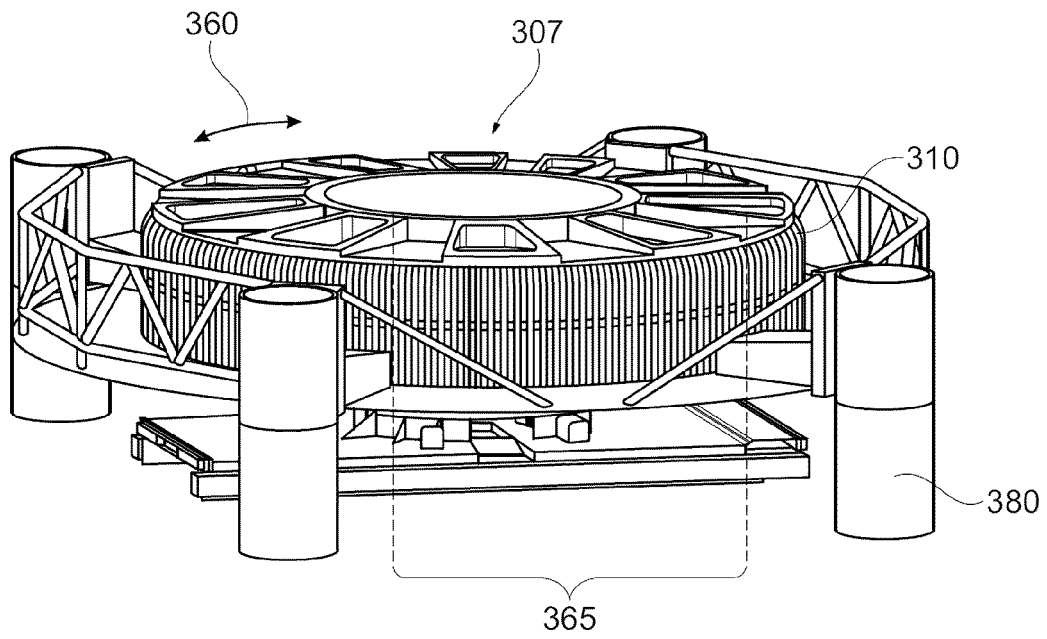


图 5

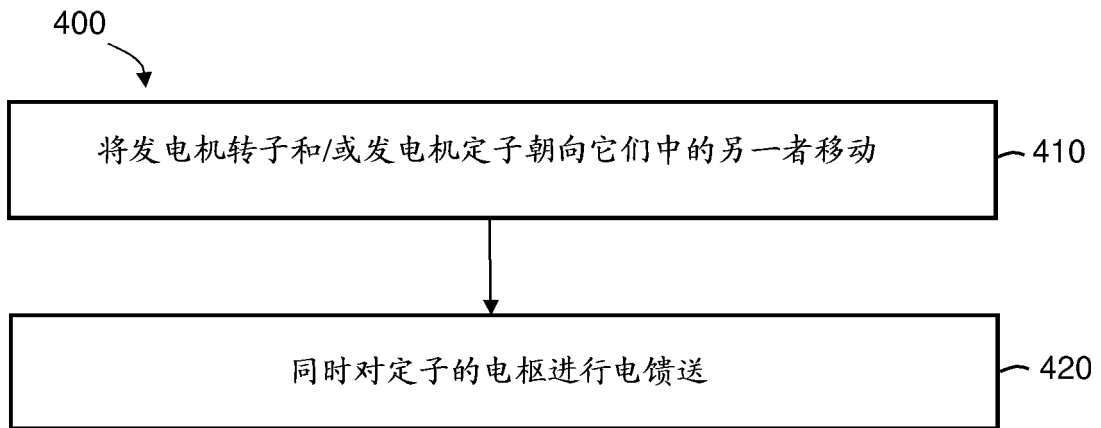


图 6

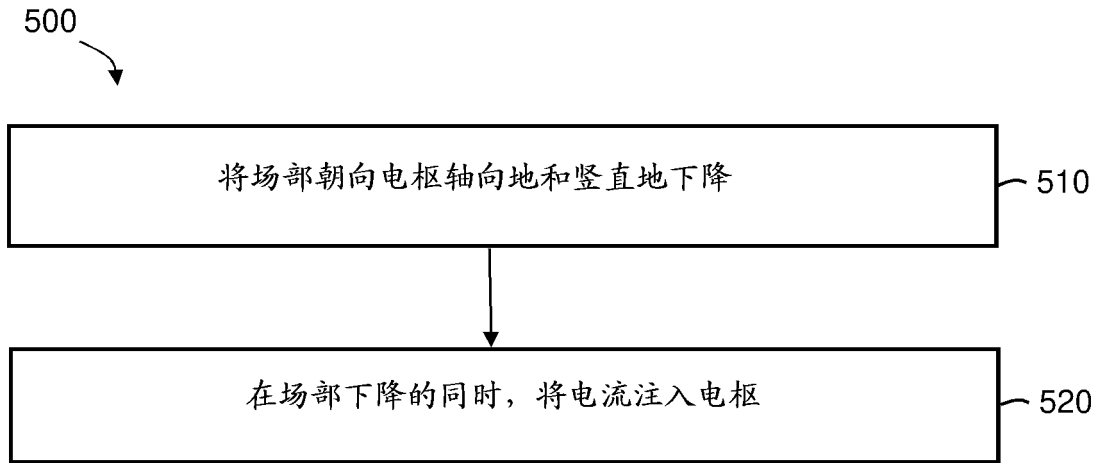


图 7