(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 104968933 A
(43)申请公布日 2015.10.07

(21)申请号 201380066591.6
(22)申请日 2013.12.20
(30)优先权数据
12199097.2 2012.12.21 EP
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2015.06.18
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2013/077744 2013.12.20
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2014/096382 EN 2014.06.26
(71)申请人 阿雷瓦风力公司
地址 德国不来梅哈芬
(72)发明人 托马斯·克拉梅尔
(74)专利代理机构 北京品源专利代理有限公司 11332
代理人 杨生平 钟锦舜
(51)Int.Cl.
F03D 11/00(2006.01)
F03D 11/04(2006.01)
F03D 1/00(2006.01)

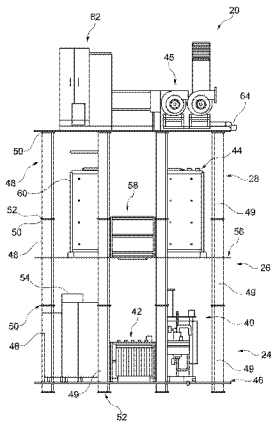
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54)发明名称

风力发电机、风力发电机的支撑结构的部分以及装配部分的方法

(57)摘要

一种风力发电机的支撑结构的部分、风力发电机与装配风力发电机的支撑结构的部分的方法。风力发电机的支撑结构包括多个部分。风力发电机的子系统的模块布置在多级平台封包的平台上。平台封包布置在此部分的内部空间中并且平台封包安装在此部分上。



CN 104968933 A

1. 一种风力发电机的支撑结构的部分，其特征在于，所述风力发电机的子系统的模块布置在包括至少一个平台的模块化平台封包的平台上，其中所述平台封包布置在所述部分的内部空间中，并且所述平台封包安装在所述部分上。

2. 根据权利要求 1 所述的部分，其中，所述平台封包是包括多个相互连接的平台的模块化多级平台封包。

3. 根据权利要求 2 所述的部分，其中，所述平台封包中的每个平台都包括平台支撑结构，并且所述平台竖直地堆叠到彼此上并且经由相应一个所述平台支撑结构联接到彼此，并且所述平台封包在至少一个平台的平台支撑结构处安装在所述部分上。

4. 根据上述权利要求中任一项所述的部分，还包括支撑台，所述支撑台安装在所述部分的壁上并且突出到所述部分的所述内部空间中，其中所述平台封包经由所述支撑台联接到所述部分。

5. 根据权利要求 3 和 4 所述的部分，其中，所述平台封包的最低平台的平台支撑结构支撑并且安装在所述支撑台上。

6. 根据上述权利要求中任一项所述的部分，其中，所述子系统包括所述风力发电机的能量块与空调单元。

7. 根据权利要求 6 所述的部分，其中，所述能量块包括第一组模块与第二组模块，其中所述第一组模块至少包括主变压器与开关单元，并且所述第二组模块至少包括转换器，其中所述第一组模块安装在第一平台上，并且所述第二组模块安装在第二平台上，并且其中所述第一平台与所述第二平台直接地布置在彼此上方。

8. 一种具有用于承载吊舱的支撑结构的风力发电机，其中，所述支撑结构包括根据上述权利要求中任一项所述的部分。

9. 根据权利要求 8 所述的风力发电机，其中，所述风力发电机是海上风力发电机。

10. 一种装配风力发电机的支撑结构的一部分的方法，其中所述支撑结构包括多个部分并且构造为承载吊舱，其中所述方法的特征在于以下步骤：

a) 将所述风力发电机的子系统的模块安装在平台上，

b) 装配多个平台以提供模块化多级平台封包，

c) 将所述平台封包布置在所述风力发电机的所述支撑结构的所述部分的内部空间中，以及

d) 将所述平台封包布置在所述部分上。

11. 根据权利要求 10 所述的方法，还包括在将所述平台封包布置在所述部分的所述内部空间以前对所述子系统的至少一部分所述模块进行配线的步骤。

12. 根据权利要求 11 所述的方法，其中，在装配所述多级平台封包以后执行配线步骤。

13. 根据权利要求 11 或 12 所述的方法，其中，所述配线的步骤包括对布置在所述多级平台封包的不同平台上的模块进行配线。

14. 根据权利要求 10 至 13 中任一项所述的方法，其中，在装配所述多级平台封包以前将所述模块安装在所述平台上。

15. 根据权利要求 10 至 14 中任一项所述的方法，其中，所述子系统包括能量块与空调单元，并且其中所述能量块包括第一组模块与第二组模块，所述第一组模块至少包括主变压器与开关单元，并且所述第二组模块至少包括转换器，并且其中所述第一组模块安装在

第一平台上，并且所述第二组模块安装在第二平台上，其中在所述多级平台封包的装配过程中所述第一平台与所述第二平台直接堆叠在彼此上方，其中装配所述多级平台封包的所述步骤尤其包括竖直地堆叠多个平台并且永久地联接所述平台以提供所述多级平台封包的步骤。

风力发电机、风力发电机的支撑结构的部分以及装配部分的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及风力发电机的支撑结构的部分，其中此支撑结构包括多个部分并且构造为承载吊舱。本发明还涉及风力发电机并且还涉及装配风力发电机的支撑结构的部分的方法。

背景技术

[0002] 风力发电机（也称作为风力驱动发动机或风力发动机）的能量块(power block)的模块通常安装在风力发电机的支撑结构的内部。支撑结构通常以地基为基础并且在顶部处承载吊舱。支撑结构可以是塔或者任何其它适当的构造。风力发电机的能量块的模块可以例如是：变压器、配电箱、转换器、中压系统、低压分配系统等。

[0003] WO2010/103114A1 公开了在内部空间中具有多个地板的塔节段，其中此地板承载能量块的主要部件。然而，每个地板都直接地与单独地安装在塔的壁或包层上。塔节段必须被非常准确地构造以便确保单个地板与在塔壁的内侧处的配件之间的精确对准。塔节段的装配是耗时的，因为必须分别将每个单个地板提升、对准并且固定在塔节段内部。

发明内容

[0004] 本发明的目的是提供风力发电机的支撑结构的一部分、装配此部分的方法与风力发电机，其中简化了此部分与风力发电机的子系统的装配。

[0005] 在本发明的一个方面，提供了风力发电机的支撑结构的一部分。在此说明书的上下文内，风力发电机的支撑结构是用于承载风力发电机的吊舱的支撑结构。例如，支撑结构可以是塔，并且所述部分是塔节段或塔部分。支撑结构可以包括多个部分，例如塔节段或塔部分。风力发电机的子系统的模块可以布置在模块化平台封包(platform packet)的平台上。平台封包可以布置在此部分的内部空间中。平台封包可以安装在此部分上。

[0006] 特别地，风力发电机的子系统可以包括能量块与空调单元。此外，平台封包可以是包括多个互连平台的模块化多级平台封包。

[0007] 在此说明书的上下文内，能量块可以包括风力发电机的主能量产生部件。例如，能量块包括：主变压器、开关单元、转换器、能量分配面板、主控制箱、中压系统、低压分配系统等。

[0008] 多级平台封包可以布置在风力发电机的支撑结构的部分的内部空间中。特别地，平台封包可以完全地布置在此部分内部，这意味着此部分完全围绕平台封包。平台封包可以安装在支撑结构的此部分上。例如，平台封包可以安装在塔节段的壁或包层上。更准确地说，平台封包可以安装在塔节段的壁的内表面上。

[0009] 根据现有技术，单独的平台或地板安装在塔节段内部，并且必须利用起重机单独地提升每个单个地板。塔节段的内壁通常设有高数量的螺纹轴套。地板通过多个螺钉连接件安装在塔节段的内部。必须非常精确地制造塔节段与地板以确保在两个零件之间的适配

的准确性。这导致塔节段与地板的高的制造成本。此外，此部分的装配是耗时过程。

[0010] 有利地，根据本发明的方面，在将平台封包插入到塔部分以前支撑结构的此部分可以配备或者供给以子系统的模块。当与现有技术相比时可以更快且更容易地执行安装工作。多级平台封包可以作为单个单元并且在单个制造步骤内插入到此部分的内部空间中。此部分与平台封包之间的必要接合点的数量可以减小。多级平台封包的结构一体性可以是足够高的，以允许平台封包的单个平台与此部分之间的连接。将每个单个地板与此部分进行连接不再是必要的。此外，在运输过程中围绕平台封包的此部分保护能量块的模块以及空调单元。如果此部分用作海上风力发电机的支撑结构那么这就是有利的。如果子系统未被正确地保护，那么恶劣的海上条件可能会破坏子系统的模块。此外此部分将保护子系统的模块免受在此部分的操作过程中可能发生的冲击。

[0011] 根据本发明的有利实施方式，平台封包中的每个平台都包括平台支撑结构。此平台可以竖直地堆叠在彼此上方。它们可以经由相应一个平台支撑结构联接到彼此。平台封包可以经由至少一个平台支撑结构安装在此部分上。特别地，平台封包可以仅经由单个平台的平台支撑结构联接到此部分。平台封包的最低平台的平台支撑结构可以构造为承载布置在上面的平台的载荷。平台封包可以经由此最低平台的支撑结构联接到此部分。

[0012] 另选地，平台封包可以布置为通过平台封包的最高平台支撑或悬置。平台封包的支撑结构可以以平台封包突出通过支撑结构的此种方式布置，并且当与下平台相比时上平台或最高平台具有较大直径。封包的下平台可以悬置在上平台上并且可以紧固到上平台上。平台封包可以经由最高平台，尤其经由此最高平台的支撑结构联接到此部分。

[0013] 根据有利的实施方式，可以利用卡口式联接件联接平台封包与部分。一个平台的支撑结构与在部分上的相应安装件可以具有互补的形式。它们可以构造为一旦插入平台封包就相对于彼此旋转。平台封包可以搁置在互补的卡口式支撑突出部上。

[0014] 另选地，最高与最低平台之间的一个平台可以联接到此部分以支撑平台封包。布置在此平台下方的平台封包的一部分可以是悬置的。可能布置在上方的平台封包的相对部分可以被支撑。

[0015] 有利地，支撑结构的节段与平台封包之间的接合点的数量可以显著地减小。相反，根据现有技术，地板利用高数量的连接件单独地安装在塔部分中。此外，平台封包包括与风力发电机的支撑结构不同的独立支撑结构。平台封包的结构一体性可以独立于风力发电机的支撑结构的结构一体性。这对于平台封包的操作来说可能是有利的。

[0016] 根据本发明的另一个有利实施方式，此部分包括支撑台。此支撑台可以安装在部分的壁上。支撑台可以突出到此部分的内部空间中。支撑台阶可以构造为承载平台封包的载荷。换句话说，支撑台可以构造为具有足够高的以承载包括子系统的模块的平台封包的全部载荷或重量的载荷承受能力。特别地，支撑台可以是环形支撑台。支撑台可以布置为在此部分的内周边周围突出，尤其是在此部分的壁附近突出。支撑台可以是从塔壁突出的支撑控制台。此控制台可以例如通过焊接或拧紧固定在此部分的壁上。

[0017] 有利地，支撑台，尤其是环形支撑台，便于将平台封包安装在此部分内部。平台封包与此部分之间的连接部布置在单个工作平面中。可以更快速且更容易地制造例如螺纹连接部或焊接接合点的此连接部。对于支撑台与平台封包来说可以接受较高的制造公差。例如，通常用于安装根据现有技术的单独地板的螺纹轴套，要求地板与此部分之间的精确角

对准。根据本发明的实施方式，平台封包可以简单地布置在支撑台上。因此，平台封包与支撑台可以联接在任意连接点处。精确的角对准不是绝对必须的。这些连接点的位置不限于可以例如通过螺纹轴套的位置限定的预定位置。可以更容易且更快速地执行多级平台封包在此部分内部的安装。

[0018] 根据本发明的有利实施方式，能量块包括第一组模块与第二组模块。第一组模块可以至少包括主变压器与风力发电机的开关单元。第二组模块可以至少包括风力发电机的转换器。第一组模块可以安装在第一平台上，并且第二组模块可以安装在第二平台上。第一平台与第二平台可以堆叠为直接地布置在彼此上。

[0019] 平台封包的自由端，即上端或下端可以装配有稳定压杆。稳定压杆可以联接到平台封包的最高或最低平台，尤其可以联接到这些平台的支撑结构。稳定压杆的自由端可以抵靠此部分的内壁放置。弹性构件可以联接到稳定压杆的自由端。例如，螺纹心轴可以与可以固定在封包的自由端上的螺纹零件配合。例如，螺纹轴套或安装件可以联接到平台封包的平台。有利地，稳定压杆经由心轴可调节。它们可以进一步设有紧靠塔壁的橡胶缓冲件。压杆是可调节的，原因在于橡胶缓冲件与塔的内壁接触以使平台封包稳定并且避免振动。特别地，至少三个稳定压杆可以联接到平台封包。它们可以在平台封包的自由端与塔之间提供静态邻接。

[0020] 根据本发明的另一个方面，提供了一种具有包括根据本发明的方面的段的支撑结构的风力发电机。特别地，风力发电机可以是海上风力发电机。已经将相对于根据本发明的方面的部分提及的相同或类似优点以相同或类似方式应用于风力发电机并且不再重复。

[0021] 根据本发明的又一个有利方面，提供了一种装配风力发电机的支撑结构的一部分的方法。支撑结构可以包括多个部分并且可以适于承载风力发电机的吊舱。风力发电机的子系统的模块安装在平台上。子系统的多个模块可以同时地安装在不同的平台上。随后可以装配多个平台以提供模块化多级平台封包。可以通过堆叠与联接单个平台来执行平台封包的装配。可以例如利用螺接或焊接接合永久地联接平台。平台封包可以布置在风力发电机的支撑结构的部分的内部空间中并且可以安装在此部分上。

[0022] 根据本发明的有利实施方式，在布置平台封包以前将子系统的至少一部分模块，尤其是能量块，配线在此部分的内部空间中。这是有利的，因为此部分内的非常有限的空间象征着对有效安装工作的显著限制。如果在将平台封包插入到此部分的内部空间以前执行子系统的至少一部分模块的配线，优选地执行布置在封包的平台上的子系统的全部模块的配线，那么可以更快速并且由此更加成本有效地执行安装工作。此外，可以在生产车间执行安装工作，这提供了准确的工作条件。与海上工作相反，当在生产侧执行此工作时，供给以可能必要的备用零件以及任何工具或部件不是问题。

[0023] 根据本发明的另一个有利的实施方式，在装配多级平台封包以前将子系统的模块安装在平台上。特别地，能量块的模块具有显著的重量与尺寸。可以利用重载荷起重机非常方便地布置它们。然而，这要求从上面进入到平台。当在装配平台封包以前将能量块的模块布置在平台上时，平台从上面可接近，并且模块可以方便地布置在平台上。

[0024] 在本发明的有利实施方式中，在装配多级平台封包以后执行子系统的模块尤其是能量块的配线。配线工作可以包括布置在多级平台封包的不同平台上的模块的配线。如果在平台封包周围没有足够的工作空间，那么必须在不同高度上执行的安装工作就可能是非

常耗时的。根据现有技术，此情形是因为能量块的模块在配线以前布置在一部分中。然而，根据本发明的方面，在将平台封包插入此部分以前执行配线。可以非常有效地执行此安装工作。

[0025] 可以以两种方式执行将平台封包安装在此部分内部。平台封包可以装配到此部分外部。此后，将平台封包作为整体插入到此部分中。根据第二选择，将平台预装配并且预配线到塔的外部。随后，它们逐一地堆叠在此部分内部。

[0026] 已经将相对于根据本发明的方面的部分提及的相同或类似优点以相同或类似方式应用于装配风力发电机的方法并且由此不再重复。

附图说明

[0027] 通过下面参照附图对本发明的优选实施方式的描述而产生本发明的其它方面与特征。

[0028] 图 1 是示出根据本发明的实施方式的风力发电机的简化视图；

[0029] 图 2 是示出根据本发明的另一个实施方式的风力发电机的支撑结构的一部分的简化立体图；以及

[0030] 图 3 是示出多级平台封包的简化侧视图。

具体实施方式

[0031] 图 1 是示出风力发电机 2 的简化视图。通过实例，风力发电机 2 是海上风力发电机 2。风力发电机 2 的支撑结构 4 建立在海洋里的适当的水下地基上并且承载吊舱 8。转子叶片 10 安装到其上的转子轮毂固定在吊舱 8 上。例如，支撑结构 4 可以是具有基本上圆形横截面的塔。支撑结构 4 包括装配在彼此顶部上的多个部分 12。由于附图的简化，仅对部分 12 的一部分给出了附图标记。

[0032] 可以包括能量块与空调单元的风力发电机 2 的子系统可以布置在支撑结构 4 的一个部分 12 中。能量块可以包括风力发电机 2 的主能量产生部件，尤其是主变压器、开关单元与转换器。能量块的其它模块可以是：配电箱、中压系统、低压分配系统。子系统的模块，尤其是能量块的模块，可以布置在一个低的塔部分 12 中。

[0033] 图 2 是根据本发明的实施方式的示出部分 12 的简化立体图。部分 12 包括风力发电机 2 的子系统的模块。仅通过实例的方式，部分 12 是具有基本上圆柱形状的塔部分。在图 2 中，部分 12 的壁 14 在其一个横向侧处被虚拟地切除以示出部分 12 的内部。部分 12 可以包括上装配凸缘 16 与下装配凸缘 18。部分 12 可以在上装配凸缘 16 处联接到支撑结构 4 的相邻较高部分 12。类似地，部分 12 可以经由下装配凸缘 18 联接到可以布置在下面的支撑结构 4 的下部 12。

[0034] 多级平台封包 20 可以布置在部分 12 的内部空间 22 中。平台封包 20 包括多个相互连接的平台 24、26、28。将参照图 3 更加详细地说明此平台封包 20。

[0035] 平台封包 20 安装在风力发电机 2 的支撑结构 4 的部分 12 上。根据图 2 的实施方式，平台封包 20 安装在可以是环形构件的支撑台 30 上。支撑台 30 可以安装在部分 12 的壁 14 上。例如，可以应用多个支撑板 32 来承载支撑台 30。支撑板 32 可以在第一边缘 34 处安装在部分 12 的壁 14 的内表面上。例如，支撑板 32 可以焊接到部分 12 的壁 14 的内表

面。支撑板 32 的第二边缘 36 承载大体的环形环 38 并且可以固定到环形环 38。例如，环形环 38 可以焊接到支撑板 32 的第二边缘 36。支撑台 30，尤其是环形的环 38，突出到部分 12 的内部空间 22 中。支撑台 30，尤其是环形的环 38，可以基本上沿着部分 12 的内周边或周界突出。支撑台 30 的载荷承受能力可以足够高以承载包括布置在平台 24、26、28 上的子系统的模块的平台封包 20 的全部载荷或重量。

[0036] 可以通过将最低或第一平台 24 布置在支撑台 30 上而将平台封包 20 安装在部分 12 的内部空间 22 中。有利地，平台封包 20 与部分 12 之间的连接，例如螺纹连接或焊接接合，布置在单个高度，即环形环 38 的高度处。这便于将平台封包 20 安装在部分 12 的内部空间 22 的内部。

[0037] 此外，平台封包 20 可以经由最高或第三平台 28 安装在部分 12 上。平台封包 20 可以从第三平台 28 悬置。当与较低平台 24、26 相比时，最高平台 28 可以具有较大直径。

[0038] 根据另一个有利实施方式，可以利用卡口式联接件联接平台封包 20 与部分 12。平台 24、26、28 中的一个的支撑结构 48 与在部分 12 上的相应安装件可以具有互补的形式。它们可以构造为一旦插入平台封包 20 就相对于彼此旋转。平台封包 20 可以搁置在互补卡口式支撑突出部上。

[0039] 此外，上平台 28 可以装配有稳定压杆（未示出）。当封包由最低平台 24 支撑时，稳定压杆可以联接到平台封包 20 的最高平台 28 的支撑结构 48。稳定压杆的自由端可以紧靠部分 12 的壁 14。弹性构件可以联接到例如橡胶缓冲件的稳定压杆的自由端。压杆的螺纹心轴可以与最高平台 28 上的螺纹轴套配合。例如，螺纹轴套或安装件可以联接到平台 28 的支撑结构 48。有利地，稳定压杆经由心轴可调节。这可以在平台封包 20 与塔壁 14 之间提供静态对接，以便避免平台封包 20 的振荡。

[0040] 根据图 2 的实施方式的平台封包 20 承载风力发电机 2 的子系统的模块。子系统包括能量块与空调单元。平台封包 20 包括第一平台 24，此第一平台 24 承载主变压器 40、站供给变压器 42 与开关单元（不可见）。第一平台 24 可以包括能量块的中压部分的模块。第一平台 24 的载荷承受能力可以高于 24 吨。平台封包 20 的第二平台 26 可以承载转换器（不可见）以及能量块的其它零件。例如，第二平台 26 可以承载配电箱或控制箱 44。此外，空调单元的过滤件可以布置在第二平台 26 上。第二平台 26 可以具有高于 13 吨的载荷承受能力。第三平台 28 承载空气调节单元 45 以及其它的配电箱（未示出）。第三平台 28 可以具有高于 8 吨的载荷承受能力。

[0041] 部分 12 可以是钢管。平台 24、26、28 也可以由钢来制造。类似地，包括环形环 38 与支撑板 32 的支撑台 30 可以由钢来制造。部分 12 可以具有大约 6m 的直径。包括平台封包 20 的部分 12 的总重量可以为大约 170 吨。

[0042] 能量块的模块可以分成第一组模块与第二组模块。第一组模块可以至少包括主变压器 40 与开关单元。第二组模块可以至少包括转换器。第一组模块可以布置在第一平台 24 上，并且第二组模块可以布置在第二平台 26 上。第一组模块，换句话说主变压器 40 与开关单元，可以相应地具有大约 12 吨与 4 吨的重量。这些是能量块的最重模块并且可以布置在平台封包的最低高度处。当与平台封包 20 的其它平台 26、28 进行比较时，第一平台 24 可以具有更高的载荷承受能力。当与第一组模块比较时，作为第二组模块的转换器显著地更轻（约 5 吨）。第二平台 26 可以具有比第一平台 24 低的载荷承受能力。第三平台 28 的

载荷承受能力可以低于布置在下面的第一平台 24 与第二平台 26 的载荷承受能力。

[0043] 图 3 是平台封包 20 的简化侧视图。第一平台 24 包括第一地板 46 与平台支撑结构 48。通过实例的方式，平台支撑结构 48 包括从地板 46 基本上垂直突出的多个柱状件 49。柱状件 49 可以包括头板 50 与足板 52。可以利用上平台的相应足板 52 与相邻下平台的头板 50 之间的螺纹连接或焊接连接来联接相邻平台 24、26、28 的支撑结构 48。第二平台 26 与第三平台 28 可以构造为与第一平台 24 类似。它们包括底板 56、64 与具有多个柱状件 49 的支撑结构。

[0044] 平台封包 20 的装配可以从第一平台 24 开始。能量块的模块，即，主变压器 40、站供给变压器 42 与开关单元 54，可以布置在第一平台 24 的第一地板 46 上。类似地，风力发电机 2 的能量块的其它模块可以布置在第二平台 26 的第二地板 56 上以及在第三平台 28 的第三地板 64 上。例如，可以是空调单元 45 的一部分的配电箱 44 与转换器 58、以及过滤件 60，可以布置在第二平台 26 的第二地板 56 上。空调单元 45 以及其它配电箱 62 可以布置在第三平台 28 的第三地板 64 上。有利地，子系统的模块可以同时地布置在平台 24、26、28 的相应一个上，同时意味着在同一时刻并且以平行的制造步骤。

[0045] 在布置模块以后，可以将平台封包 20 装配在一起。这可以通过将平台 24、26、28 竖直地堆叠在彼此的顶部上来执行。平台 24、26、28 可以优选地经由它们的头板 50 与足板 52 永久地联接。例如，平台 24、26、28 可以焊接或螺接在一起以形成平台封包 20。

[0046] 可以在装配多级平台封包 20 以后对能量块的模块进行配线。然而，在将平台封包 20 插入到部分 12 中以前执行模块的配线。用于部分 12 的内部空间 22 的内部的电安装或配线工作的工作空间是非常有限的，这使其是困难的工作。然而，如果在将平台 24、26、28 装配到平台封包 20 以后但是在将平台封包 20 插入到部分 12 以前执行子系统的模块（尤其是能量块）的配线，那么可从平台封包 20 的所有侧面接近此模块。可以非常有效地执行配线工作。

[0047] 尽管已经参照特定的实施方式描述了本发明，但是本发明不限于这些实施方式，并且毫无疑问技术人员将会想到属于如所要求的本发明的范围内的其它另选。

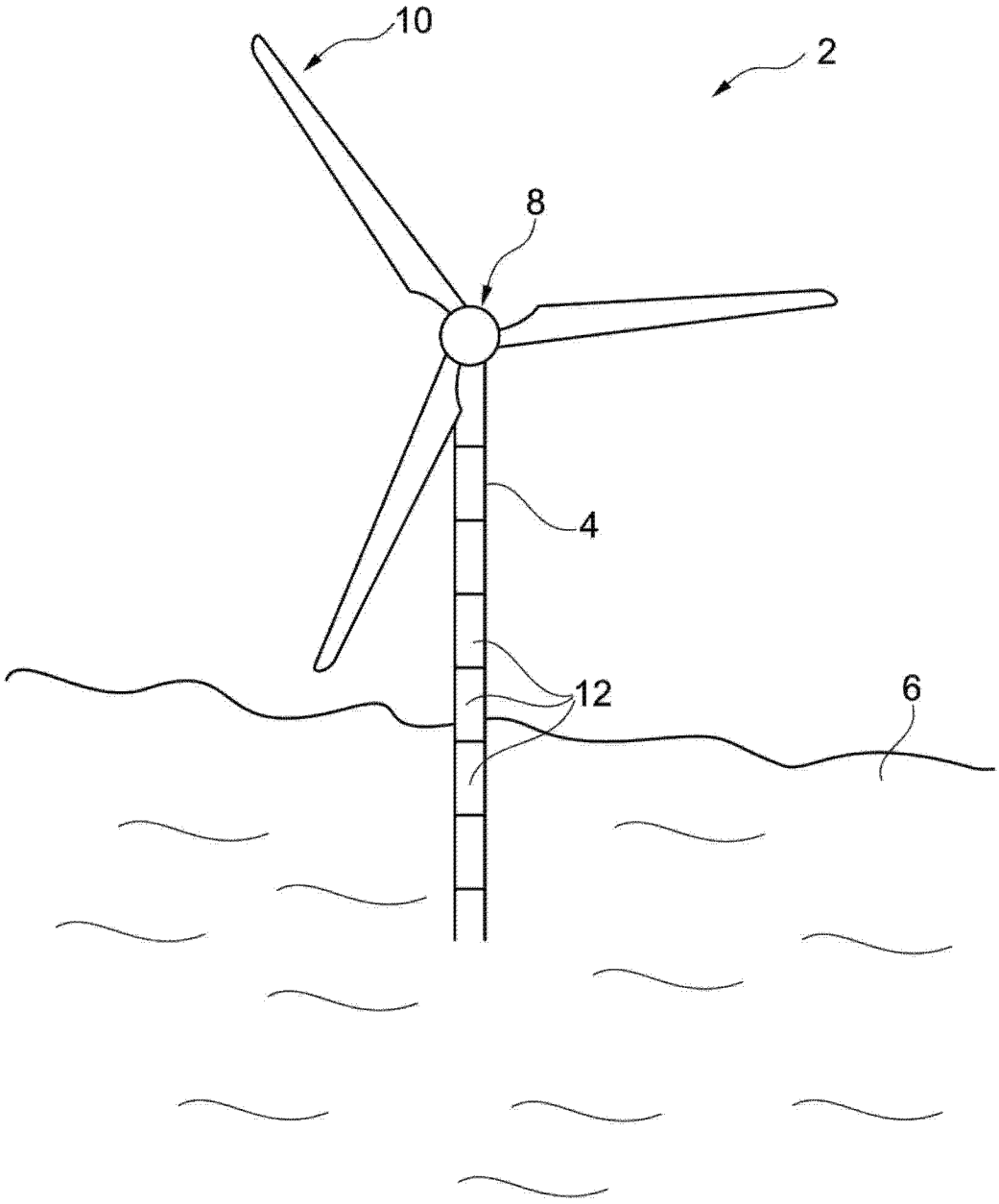


图 1

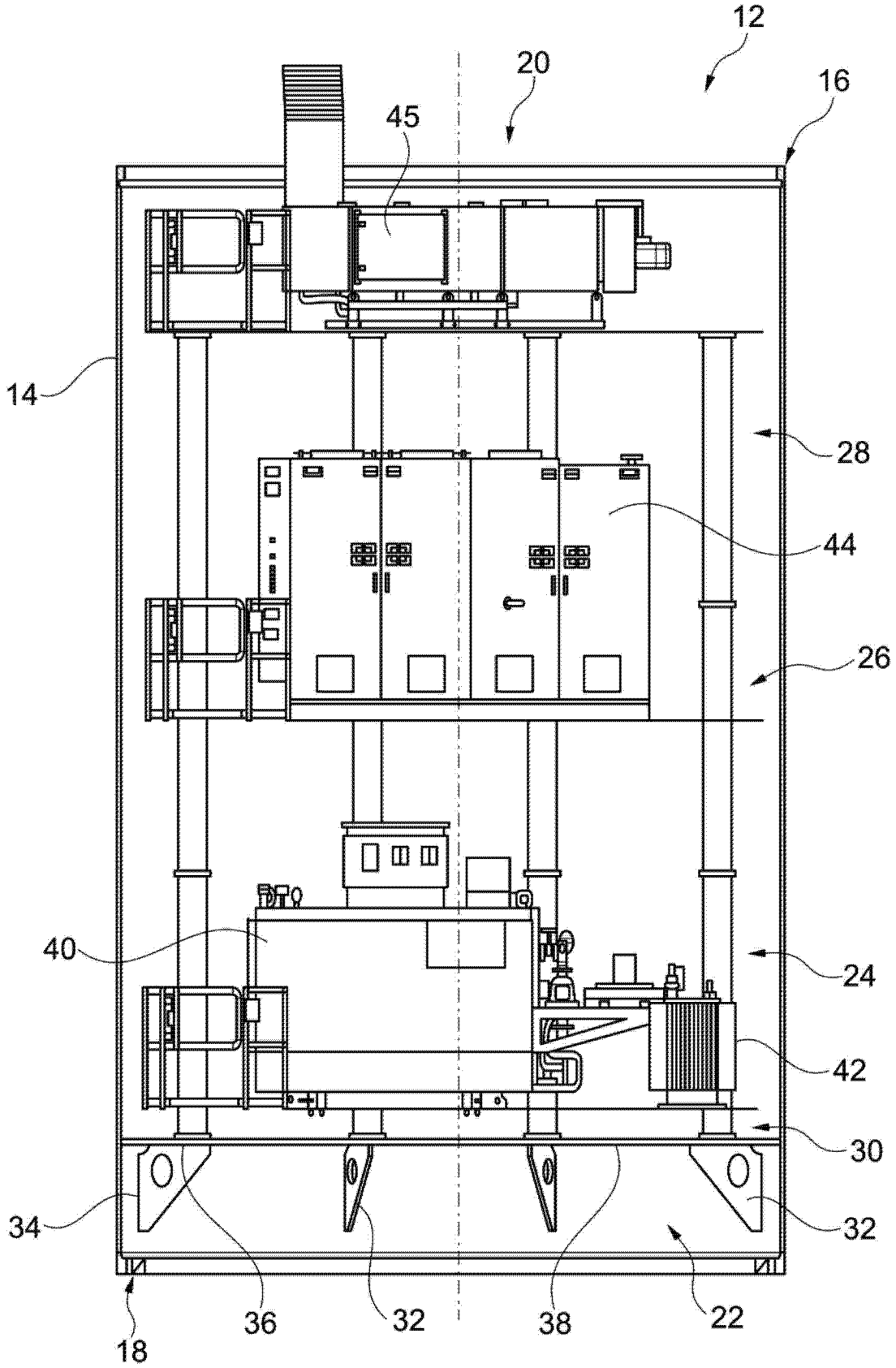


图 2

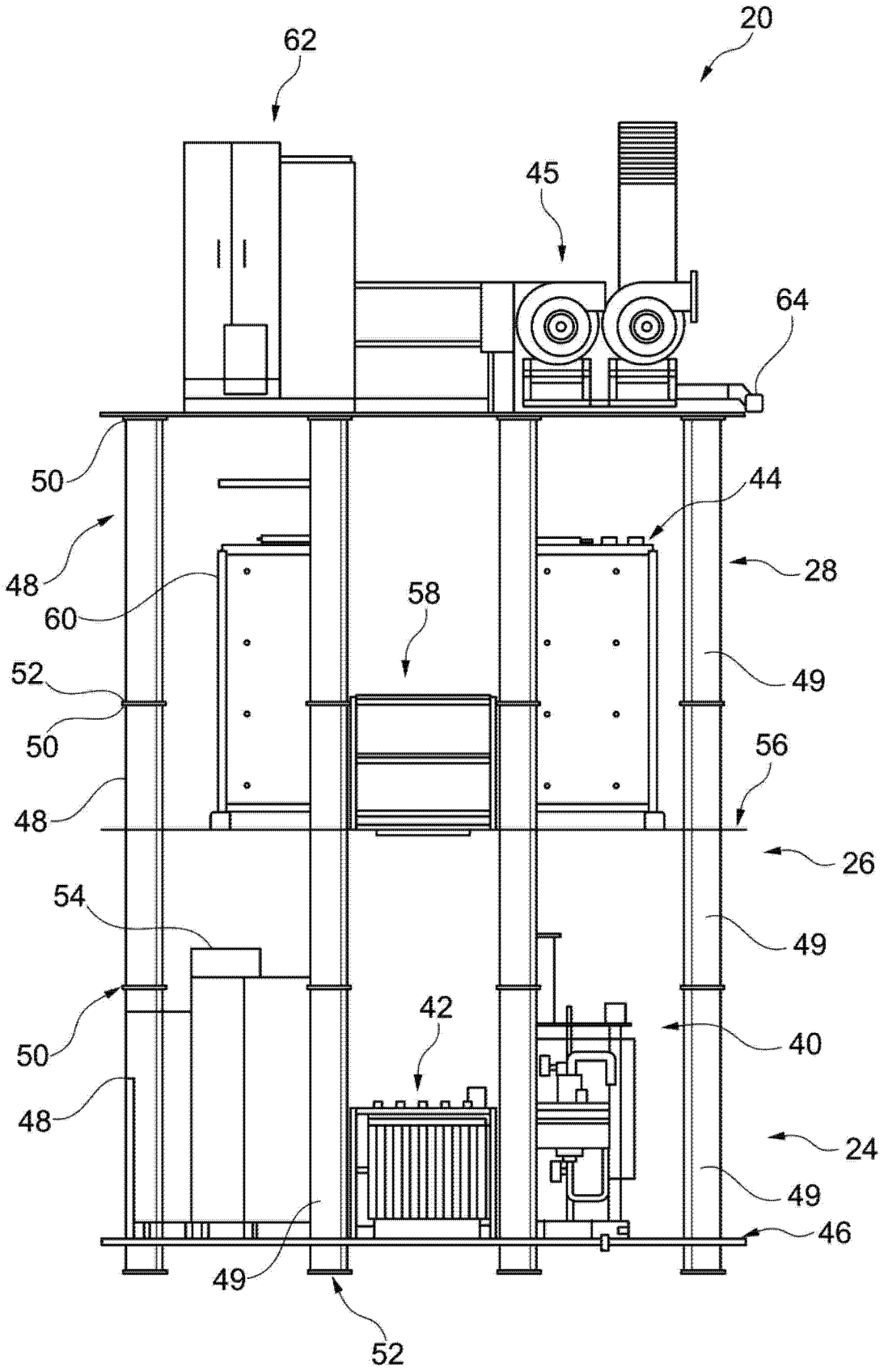

62
20
45
64
50
44
48
28
60
58
52
49
50
56
48
26
54
49
42
50
40
48
24
49
46
49
52

图 3