



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102483989 B

(45) 授权公告日 2014. 02. 19

(21) 申请号 201080037346. 9

(22) 申请日 2010. 07. 02

(30) 优先权数据

09164508. 5 2009. 07. 03 EP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2012. 02. 21

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2010/059443 2010. 07. 02

(87) PCT国际申请的公布数据

W02011/000937 EN 2011. 01. 06

(73) 专利权人 瑞士单浮筒系泊公司

地址 瑞士马里市

(72) 发明人 毛鲁·百蒂尼

(74) 专利代理机构 北京英赛嘉华知识产权代理
有限责任公司 11204

代理人 余滕 王艳春

(51) Int. Cl.

H01F 38/18(2006. 01)

B63B 21/50(2006. 01)

审查员 黄万国

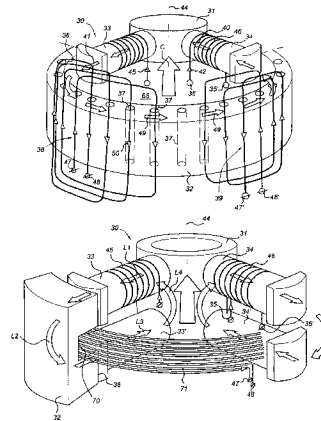
权利要求书2页 说明书6页 附图6页

(54) 发明名称

高压电感应旋转装置

(57) 摘要

本发明涉及一种功率旋转装置,用于将电功率从第一末端传输到第二末端,该旋转装置包括具有毂的中央部分和磁性材料的外环,外环与毂同轴并且包围毂,外环和中央部分可相对于彼此绕垂直轴线旋转,至少两个磁性材料的径向臂部从毂或者从外环伸出,相邻的臂部间隔开,每个臂部带有绕该臂部卷绕的导体以形成适于产生通过该臂部沿径向通量路径的磁通量的线圈,导体被连接到第一末端,其中,外环或者毂在接近径向臂部的自由端处具有圆柱形表面,多个轴向延伸的导体在圆柱形表面上或者附近沿外环或毂的圆周分布,以使得若干轴向导体逐次位于两个相邻的径向臂部之间,多对轴向导体形成沿圆柱形表面定位的、适于产生沿通过外环或者毂在圆周方向上延伸的磁通量路径的磁通量的线圈,从第一径向臂部径向向外延伸到外环、通过外环延伸到相邻的径向臂部、以及沿相邻的臂部径向向内并通过毂返回到第一臂部延伸形成闭合轮廓。



1. 功率旋转装置(2,30),用于将电功率从第一末端传输到第二末端(28,47,48),所述旋转装置包括具有毂(31)的中央部分和磁性材料的外环(32),所述外环(32)与所述毂同轴并且包围所述毂,所述外环和所述中央部分可相对于彼此绕垂直轴线(44)旋转,至少两个磁性材料的径向臂部(33,34)从所述毂或者从所述外环伸出,相邻的臂部间隔开,每个臂部带有绕所述臂部卷绕的导体(45,46)以形成适于产生通过所述臂部沿径向通量路径的磁通量的线圈,所述导体被连接到第一末端,其中,所述外环或者所述毂在接近所述径向臂部(33,34)的自由端处具有圆柱形表面(36),多个轴向延伸的导体(37)在所述圆柱形表面(36)上或者附近沿所述外环(32)或所述毂(31)的圆周分布,以使得若干轴向导体依次位于两个相邻的径向臂部之间,所述多个轴向延伸的导体(37)在其上端和下端处互连以形成沿所述圆柱形表面定位的、适于产生沿通过所述外环或者所述毂在圆周方向上延伸的磁通量路径的磁通量的线圈,从第一径向臂部径向向外延伸到所述外环、通过所述外环延伸到相邻的径向臂部、以及沿所述相邻的臂部径向向内并通过所述毂返回到所述第一径向臂部延伸形成闭合轮廓(56)。

2. 根据权利要求1所述的功率旋转装置(2,30),包括至少两个径向臂部(33,34),多对臂部从所述毂(31)或者所述外环(32)直径延伸,第一臂部形成预定符号的磁极,并且在包括不止两个臂部的情况下,在所述第一臂部的两侧上的直径相对的臂部和相邻的臂部形成具有相反符号的磁极。

3. 根据权利要求1或2所述的功率旋转装置(2,30),其中所述至少两个径向臂部(33,34)的所述导体(45,46)被平行连接到所述第一末端。

4. 根据权利要求1所述的功率旋转装置(2,30),其中至少两个臂部包括彼此不同数量的导体绕组,所述两个臂部均连接到各自末端。

5. 根据权利要求1所述的功率旋转装置(2,30),所述径向臂部(33,34)包括径向部件(53)以及所述自由端处的横向部件(54),所述横向部件(54)具有圆柱形表面。

6. 根据权利要求1所述的功率旋转装置(2,30),开口区(65)被限定在相邻的径向臂部之间,以形成用于冷却媒质的轴向通道。

7. 漂浮离岸结构(1),包括根据权利要求1-6中的任一项所述的功率旋转装置(2,25,30),所述结构包括毂和转台(3),所述转台(3)具有设有锚定件(4)的对地静止的转台部分,所述锚定件(4)适于系泊到海床(9),所述对地静止的转台部分可旋转地连接到所述毂,以使得所述毂能够绕所述对地静止的转台部分随风向改变,所述功率旋转装置同轴放置在所述转台上,海底电功率缆线(8)从下沉位置延伸通过所述对地静止的转台部分到达所述功率旋转装置的第一末端(23),船上功率缆线(11)从所述旋转装置的第二末端(28)延伸到所述结构上的某一位置。

8. 根据权利要求7所述的漂浮离岸结构(1),包括至少一个流体旋转装置(17),所述至少一个流体旋转装置(17)具有连接到所述对地静止的转台部分和海底碳氢化合物输送管(5)的内环形部件(16)、以及以可旋转的方式绕所述内环形部件(16)同轴设置的外部环形部件(19),所述外部环形部件(19)连接到流体管(14)以使得可相对于所述对地静止的转台部分与所述流体管和船舶旋转,所述功率旋转装置(2,25,30)的中央部分位于所述内环形部件(16)上,与所述内环形部件(16)同轴,所述功率缆线(8)通过所述流体旋转装置(17)的所述内环形部件(16)的中央空间延伸到所述功率旋转装置的所述中央部分。

9. 功率旋转装置(2,30),用于将电功率从第一末端(23,35,35'')传输到第二末端(28,47,48),所述旋转装置包括具有轭的中央部分(31)和磁性材料的外环(32),所述外环(32)与所述轭同轴并且包围所述轭,所述外环和所述中央部分可相对于彼此绕垂直轴线(44)旋转,至少两对磁性材料的轴向隔开的径向臂部(33,33';34,34')从所述轭或者从所述外环伸出,相邻的臂部对在圆周方向上隔开,每个臂部对中的至少一个臂部带有绕所述臂部卷绕的导体以形成适于产生通过所述臂部沿径向通量路径的磁通量的线圈,所述导体被连接到第一末端(35,35'),其中,所述外环或者所述轭在接近所述径向臂部(33,34)的自由端处具有圆柱形表面(36),若干圆形导体(71)在所述圆柱形表面(36)上或者附近的所述外环(32)或所述轭(31)的圆周槽(70)中延伸,以用于产生沿磁通量路径的磁通量,所述通量路径从一对臂部中的第一径向臂部(33)沿第一通量路径段(L1)径向向外延伸进所述外环、沿所述外环(32)中的第二通量路径段(L2)垂直向下延伸到所述一对臂部中的第二径向臂部(33')、沿所述一对臂部中的所述第二径向臂部(33')的第三通量路径段(L3)径向向内并且沿所述轭(31)中的第四通量路径段(L4)垂直向上延伸。

10. 根据权利要求9所述的功率旋转装置(2,30),一对垂直隔开的臂部中的每个臂部(33,33';34,34')均包括绕组(45,46)。

11. 根据权利要求9或10所述的功率旋转装置(2,30),所述圆形导体(71)在轴向隔开的各对径向臂部(33,33';34,34')之间的空间中延伸。

高压电感应旋转装置

技术领域

[0001] 本发明涉及高压电感应功率旋转装置。本发明具体涉及在例如漂浮单点系泊单元的风向标离岸结构中使用的功率旋转装置。

背景技术

[0002] 在离岸定位的漂浮驳船上产生电功率并将该功率传送到海岸进入电网是已知的。通常,这些驳船以不允许驳船响应于风、波浪以及水流的动作绕系泊处随风向改变的方式分散系泊。可选地,这些驳船可以是转台系泊的,其中系泊线被附接至驳船的船体中旋转地安装的转台。该系统允许船舶响应于风、波浪和水流的动作绕转台和系泊线随风向改变。

[0003] 如果驳船以这种方式转台系泊,那么在该转台的顶部上需要电旋转设备,以便将功率从风向标驳船传送到静止海底缆线。通常,在这些情况中产生约 100 到 500MW 的大量功率,因而需要较大的电力旋转装置。

[0004] 此外,为了避免对大横截面的铜缆线的需求,从而避免对沉重且昂贵的缆线的需求,长距离离岸传输大量 AC 电功率需要极高电压。

[0005] 减少海底缆线中导体的横截面的解决方法是将电 AC 功率转换为 DC 功率,但是这需要大型、昂贵且相对低效的换流站。

[0006] 与更常见的交流系统相比,高压直流 (HVDC) 电功率传输系统将直流电用于电功率的批量传输。对于长距离分布来说, HVDC 系统需要具有较小横截面的缆线,因而更便宜并且遭受更小的电力损失。

[0007] 对于较短距离来说,与 AC 系统相比可保证较高成本的 DC 转换设备,这里直流链路的其它益处是有用处的。

[0008] 用于单点系泊漂浮生产单元的实际高压电旋转装置是海底缆线的电压增加的瓶颈。根据实际技术制造的极高电压旋转装置需要滑环之间存在极大间隔,以及极高质量的绝缘流体。此外,极高电压电旋转装置需要在漂浮生产单元上的大型且昂贵的变压器。

[0009] 在 WO 2009/128724 中描述了一种旋转变压器,其用于在离岸漂浮式生产储存和卸载 (FPSO) 系统中或者风力涡轮机上使用。在 WO2009/128724 的图 10 中描述了具有竖直气隙的三相旋转变压器,其中内旋转环和外旋转环均设有径向腿部,每个径向腿部带有彼此面对的主导体绕组或次导体绕组。对于大功率应用来说,公知的旋转装置需要相对大的尺寸。此外,在外转子部分上的绕组的分布导致内定子核组件的绕组中产生的磁场的相对低效联接。磁场横穿相对大的气隙以感应外部环状转子上的线圈中的感应电流。

[0010] 因此,本发明的目的是提供一种允许有效传送功率的功率旋转装置。另一目的是提供一种具有紧凑设计并具有相对轻量的、能够传送高压的功率旋转装置。

[0011] 此外,根据本发明的功率旋转装置应允许根据功率电平和传输距离,使功率适应漂浮单元的需求(功耗或生产)并使功率损耗最小化。该功率旋转装置应该能够避免将介电流体用作主绝缘体,从而减少旋转装置中短路的风险,还可避免因滑动接触导致的任何磨损。本发明旨在为中距离到长距离上的高功率传输的 HVDC 技术建议更紧凑且更有效的

选择。

发明内容

[0012] 至此,根据本发明的功率旋转装置,用于将电功率从第一末端传输到第二末端,其包括具有轭的中央部分和磁性材料的外环,该外环与轭同轴并且包围轭。外环和中央部分可相对于彼此绕垂直轴线旋转,至少两个磁性材料的径向臂部从轭或者从外环伸出。相邻的臂部间隔开,每个臂部带有绕该臂部卷绕的导体以形成适于产生通过该臂部沿径向通量路径的磁通量的线圈,这些导体被连接到第一末端,其中,外环或者轭在接近径向臂部的自由端处具有圆柱形表面,多个轴向延伸的导体在圆柱形表面上或者附近沿外环或轭的圆周分布,以使得若干轴向导体逐次位于两个相邻的径向臂部之间。成对的轴向导体形成沿圆柱形表面定位的、适于产生沿通过所述外环或者所述轭在圆周方向上延伸的磁通量路径的磁通量的线圈,从第一径向臂部径向向外延伸到所述外环、通过所述外环延伸到相邻的径向臂部、以及沿所述相邻的臂部径向向内并通过所述轭返回到所述第一臂部延伸形成闭合轮廓。

[0013] 在所述外环或轭的圆柱形表面附近、外环或轭中的垂直导体的分布提供了与绕径向臂部的导体绕组的磁通量的有效联接。这允许在旋转装置的减少了的尺寸下高功率电平的输送。这样,本发明的功率旋转装置能够安装在例如碳氢化合物流体旋转装置或者电旋转装置的其它部件之中的旋转装置堆中。本发明的紧凑而轻量的旋转装置尤其适用于在仅可利用有限空间的情况(例如离岸应用)中使用。

[0014] 具体来说,减少的尺寸导致制造公差减少,并增加了根据本发明的功率旋转装置的外环上的径向臂部与线圈之间的气隙的尺寸。

[0015] 通过根据本发明的功率旋转装置的紧凑尺寸,存在强磁场的量能保持较低,以使功率旋转装置的安全性增加,这一点对于离岸应用来说尤其重要。

[0016] 在本发明的旋转装置中,轭和外环能用作转子或定子。本发明的功率旋转装置能够根据径向臂部上的绕组数与相对的轭或外环上的绕组数之比,在将功率进行转换或者不进行转换情况下均可在非旋转末端与旋转末端之间输送所述功率。

[0017] 径向臂部可以设在中央轭上向外延伸,轴向导体位于外环的内表面上或附近。可选地,有可能将径向臂部设在外环的内表面上朝轭径向向内延伸,轴向导体位于轭的圆柱形外表面上或附近。

[0018] 本发明的功率旋转装置的一个实施方式提供了高压旋转变压器应用于单点系泊漂浮生产单元(FPU, Floating Production Unit)中的技术方案。根据本发明,提供了一种漂浮单元系泊设备,其包括可旋转地安装到漂浮单元的转台结构、可紧固至该转台的至少一条系泊线以及可连接到该漂浮单元的电缆,其中所述电缆连接到与转台组合的高压旋转变压器。高压旋转变压器被设在转台上,其具有连接到单点系泊单元的固定部分的固定部(定子)和刚性连接到漂浮单元的旋转部(转子)。在电变压器中,通过定子绕组中流动的极高电压电流感应磁场,磁场在适于船电路所需的张力处感应转子绕组中的电流。

[0019] 这样,本发明通过允许电功率在单点系泊FPU的固定部与旋转部之间的有效传输,避免了对基于滑动环的旋转装置的需求。根据本发明,在高压旋转变压器的转子绕组与定子绕组之间不存在滑动接触,以使得有可能使用保护绕组的固体绝缘件。这种绝缘件能

够降低旋转装置中的短路的风险,还允许较高密度的电场。

[0020] 这些特性提供了避免将介电流体用作主绝缘体的优势。由于不存在对滑动接触的需求,所以没有组件在长期使用时遭受磨损。

[0021] 本技术方案还具有以下优势,其能够利用较小横截面的缆线从而节省成本。由于旋转装置能够在较高电压下操作(例如,理想上大于现有漂浮离岸系统中的电旋转装置能够应用的电压),所以减少了总体电功率传输损失,因而能够减少电缆的横截面。对中长距离上高功率的传输来说,本技术方案是高压直流(HVDC)技术的更紧凑且更有效的选择。

[0022] 根据本发明的功率旋转装置的实施方式包括至少六个径向臂部,多对臂部从毂或外环直径延伸,第一臂部形成预定符号的磁极,在所述第一臂部的两侧上的直径相对的臂部和相邻的臂部形成相反符号的磁极。

[0023] 这种外环中的绕组具有与径向臂部相同的角度图案的极点配置允许一种简单的旋转装置设计,其中绕组中的电流在预定的方向上流动,而外环中的磁通量改变每对相邻极点之间的方向。

[0024] 在根据本发明的功率旋转装置的实施方式中获得了额外的备份,其中至少两个径向臂部的导体平行连接到第一末端。

[0025] 在另一实施方式中,至少两个臂部包括彼此不同数量的导体绕组,两个臂部均连接到各自末端。旋转装置能够用作变压器,并且臂部上的不同的导体绕组能够与各个电压对应。通过从绕径向臂部(具有与所需运行电压匹配数量的绕组)的导体提供功率,离岸结构的船上产生的功率能够被供给到特定电压下运行的设施中。

[0026] 根据本发明的功率旋转装置的径向臂部可以在相邻的径向臂部之间限定开口区,以形成用于冷却媒质的轴向通道。这样,例如空气的冷却流体通过对流或者通过强制循环沿轴向方向的绕组流动。提供充足冷却可允许在旋转装置无过热风险的情况下输送高功率电平。

附图说明

[0027] 下面将参照附图连同示例性实施方式进一步描述本发明,在附图中:

[0028] 图1示出了具有安装在漂浮单元的转台上的高压变压器电感应旋转装置的单点漂浮单元;

[0029] 图2示出了根据本发明的高压变压器电感应旋转装置的示意性立体图;

[0030] 图3示出了具有与漂浮单元的转台结合的高压变压器电感应旋转装置的漂浮单元的俯视图;

[0031] 图4示出了图3中的漂浮单元的示意性横截面图;

[0032] 图5示出了本发明的感应功率旋转装置的立体图;

[0033] 图6示出了图5中的旋转装置的气隙的细节;

[0034] 图7示出了图6中的旋转装置中的磁场的俯视图;

[0035] 图8示出了具有功率转换特性的图5中的功率旋转装置;以及

[0036] 图9示出了另一实施方式的具有轴向隔开的径向臂部和圆周绕组的感应功率旋转装置的立体图。

[0037] 优选的实施方式

[0038] 在以下的描述中,漂浮单元 1 由 FPSO 形成,然而根据本发明的功率旋转装置不限于在 FPSO 上使用,其还能够应用于任何类型的船舶、漂浮功率单元,甚至漂浮风力机、漂浮波能转换器等。

[0039] 图 1 示出了可旋转地联接到转台 3 的单点漂浮单元 1,转台 3 通过系泊线 4 锚固于海床 9,以使得漂浮单元 1 能够关于转台 3 随风向改变。漂浮单元 1 具有通过其船体的竖直延伸孔 20,转台 3 以可旋转的方式安装在竖直延伸孔 20 中,转台 3 由上部和下部支承件(未示出)支撑。

[0040] 多条系泊线 4(例如锚链)以公知的方式(例如通过附接至锚链管的止链器)附接至转台 3,为了方便仅示出了多条系泊线 4 中的一部分。这样,漂浮单元 1 响应波浪、风和水流动作能够绕转台 3 和锚链旋转。

[0041] 立管 5 从海床上的海底井(未示出)延伸并连接到进入转台的上部入口产品导管或管线(未示出)。立管 5 联接到一系列流体旋转装置 13,流体旋转装置 13 包括由附接至转台的内环和附接至船舶 1 的外环界定的环形腔室。该流体旋转装置堆 13 的外环可旋转地支撑在内环上,以使得旋转装置将对地静止的立管 5 联接到产品管 14,产品管 14 绕转台 3 与船舶 1 一起随风向改变。

[0042] 在这种情况下由变压器 2 指示的高压变压器电感应功率旋转装置与漂浮单元 1 的转台 3 结合并安装在旋转装置堆 13 上。在一种构造中该系统将该功率旋转装置和变压器的第一级结合成船上所需的减少的空间的旋转变压器 2。

[0043] 系泊转台 3 包括从漂浮单元 1 的主甲板向上延伸的相对小直径的上端部。高压旋转变压器 2 的外核或外转子 7(参见图 2)通过转台 3 上端的支承件可旋转地安装,以使得当高压旋转变压器 2 的外核或转子 7 绕基本固定的转台 3 随风向改变时可与漂浮单元 1 一起旋转。高压旋转变压器 2 的内核或内定子 6 连接到漂浮单元 1 的固定系泊部分。

[0044] 立管管道 5 向上通过转台 3 并连接到转台 3 的固定部分,以使得立管管道 5 不会相对于转台 3 和锚链与漂浮单元 1 一起旋转。立管连接到旋转装置堆 13 中的环形流体旋转装置的内环,这些内环与转台 3 固定。立管 5 通过由内部环形旋转环界定的旋转装置堆 13 的中央空间向上延伸。堆 13 中的环形流体旋转装置的外环联接到漂浮单元 1 上的产品管 14。

[0045] 海底电缆 8 向上通过竖直延伸的孔 20 中的转台 3 并通过旋转装置堆 13 的中央空间,并且从高压旋转变压器 2 的底部处的悬挂件(例如夹持装置)悬吊。极高电压动态海底缆线 8 连接到高压旋转变压器 2 的固定部分或定子 6 并延伸到海床 9,其在海床 9 处连接到极高电压刚性海底缆线 10。

[0046] 另一电缆 11 将漂浮单元的顶部侧连接到高压旋转变压器 2 的定子 6。

[0047] 功率能够通过缆线 11 传输到高压旋转变压器 2,然后升高至高压并通过缆线 8 和 10 发送给用户。可选地,能够通过缆线 10 和 8 将高压下的电流朝向漂浮单元 1 引导,并且能够在缆线 11 将功率传送到漂浮单元 1 顶部侧之后通过高压旋转变压器 2 将高压电流转变成低压电流。

[0048] 图 2 示出了根据本发明的高压旋转变压器 2 的示意性立体图。图 3 示出了具有与漂浮单元的转台 3 结合的高压变压器电感应旋转装置的漂浮单元的俯视图。内定子 6 位于环状转子 7 内,环状转子 7 通过气隙 12 与该定子隔开。若干传导主绕组被支撑在定子 6 上

并连接到海底缆线 8,若干传导次绕组被支撑在转子 7 上,以使得主绕组上的 AC 电压通过气隙 12 感应电缆 11 中的 AC 电压和电流。磁场在适于漂浮单元电流所需的张力处感应转子绕组中的电流。根据应用,尽管正好相反:能够从转子绕组中流动的极高电压电流感应磁场,而磁场能够在适于漂浮单元电路所需的张力处感应定子绕组中的电流。

[0049] 实际上,当漂浮单元 1 绕转台 3 随风向改变时转子 7 旋转,定子 6 与旋转装置堆 13 的内核的顶部上的转台 3 的系泊部分固定。

[0050] 因此,转子绕组关于定子绕组的移动不会影响这两个部件之间的功率传输,并且可避免产生扭矩。

[0051] 在图 2 和 3 中清楚地示出了转子 7 上的绕组与定子 6 上的绕组之间不存在滑动接触。在转子 7 上的绕组与定子 6 上的绕组之间存在气隙 12。这种变压器设计允许用减少可能发生的短路电流的绝缘材料来涂覆绕组线。

[0052] 图 4 示出了承载于支承甲板 15 上的环形碳氢化合物流体旋转装置 17 的内环 16 的转台 3 的示意图。转台 3 可通过上部支承件 26 和下部支承件 27 旋转地支撑在圆柱形孔或月形口 20 中。旋转装置的外环 19 可旋转地安装在内环 16 上,并且外环 19 与该内环限定环形腔室 21。产品管 14 通过环形腔室 21 连接到与内环 16 连接的产品立管 5。功率缆线 8 通过旋转装置 7(或者在多个旋转装置被堆叠于彼此的顶部的情况中的旋转装置堆 13)的中央空间 22 延伸,并且功率缆线 8 通过第一末端 23 连接到功率旋转装置 25 的定子 24。功率旋转装置 25 的外环 26 或转子通过第二末端 28 连接到电缆 11。

[0053] 图 5 示出了根据本发明的具有中央毂 31 和外环 32 的功率旋转装置 30 的实施方式,功率旋转装置 30 绕中心轴线 44 可旋转地安装。毂 31 带有若干径向臂部 33、34,主绕组 45、46 绕径向臂部 33、34 卷绕以形成连接到第一末端 35、35' 的线圈。在由箭头 42 指示的方向上通过绕组 45、46 的电流引起在箭头 40、41 的方向上通过径向臂部 32、33 的磁性材料的通量。若干并排的竖直导体 37 位于外环 32 的圆柱形内表面 36 上或附近,这些导体在其上端和下端处互连以形成绕组。这些绕组沿外环 32 在与径向臂部 33、34 的节距对应的、有角度的间隔处分布。线圈连接到第二末端 47、48、47'、48'。在优选的实施方式中,径向臂部 32、33 的磁性材料为铁磁材料。

[0054] 在外环 32 中由径向臂部 33、34 感应的磁场在箭头 49 的方向延伸,并引起将在线圈 38、39 中被感应的电压以及在箭头 50 的方向上的电流。

[0055] 可能存在许多不同配置的绕组 38、39,例如这些绕组可以通过交叠嵌套。竖直导体 37 的互连可以根据许多不同的绕组模式来进行。

[0056] 从图 6 中可以看出,径向臂部 33、34 包括径向部件 53 和横向部件 54,横向部件 54 具有与外环 32 的圆柱形内表面 36 对应的弯曲表面 55。在优选的实施方式中,横向部件 54 具有圆柱形表面以使其减少气隙中的介电损耗。圆柱形内表面 36 与横向部件的弯曲表面 55 之间的气隙 56 能够相对较小,例如在 1 至 10mm 之间。作为示例,对于 66KV 的中压下的 40MVA 功率来说,外环 32 的直径可在 2 至 5m 之间。

[0057] 实际上,功率旋转装置的直径依赖于许多因子,例如极点数、绕组配置、冷却条件以及线圈连接方案。另外,考虑到制造公差,气隙能够在约 1mm(考虑到关于最小直径的加工)直到 10mm(考虑到最大直径的加工和粗制造公差)之间。

[0058] 在图 7 中示出了绕横向臂部 34 通过绕组 46 的电流使得为相邻的臂部形成了相反

符号的交变极点 N、S。竖直导体 37 能够被看成沿外环 32 的内圆柱形表面 36 在圆周方向上分布。形成闭合轮廓 56 的通量路径在外环 32 中沿圆周通量路径段 B1、B1'；沿第一径向通量路径段 B2、B2'；沿轭通量路径段 B3、B3' 以及沿第二径向通量路径段 B4、B4' 在径向臂部的北极 N 与相邻的臂部的南极 S 之间延伸形成。

[0059] 在这个实施方式中示出了六个径向臂部，然而根据本发明，当电流需要成为单相位时，至少两个径向臂部就足够，而且根据本发明包括多对臂部的任何实施方式均存在。

[0060] 图 8 示出了实施方式，其中绕横向臂部 34 的绕组包括预定数量的绕组以使得在夹持部 60、60' 之间产生第一电压，并且其中绕横向臂部 33 的若干绕组包括不同数量的绕组以使得在夹持部 61、61' 之间产生第二电压。对于变压器来说，外环 32 中的竖直导体 37 上的输入电压与输出电压之间的电压比由主绕组（定子）与次绕组（转子）的数量之比来给定。这样，获得了提供不同电压的变压器。

[0061] 高压变压器旋转装置的效率被认为与普通变压器的相对高效率非常相似。因此，即使预计会存在一些加热，但是冷却需求预计低于换流站。相邻的径向臂部之间的开口空间 65 提供了轴向通道，通过对流或者通过强制循环，在图 5 中示出的箭头 C 的方向上冷却流体沿该轴向通道被引导沿轭 31 和外环 32 流动。

[0062] 本发明比基于高压旋转装置的标准滑环更复杂，但是相对于更复杂的高压直流 (HVDC) 系统来说，明显地扩展了交流电 (AC) 的适用范围。此外，本发明允许在中长距离上使用较便宜的电缆。

[0063] 鉴于以上公开对本领域技术人员显而易见的是，在本发明的实践中可能存在许多改变和修改，而不偏离本发明的精神和范围。相应地，本发明的范围将依照由所附权利要求限定的实质来解释。

[0064] 图 9 示出了具有携带径向臂部对 33、33' 和 34、34' 的中央轭 31 的功率旋转装置 30。每一对的臂部在轴线 44 的方向上间隔开。外环 32 包括内表面 36 上的圆周槽 70，在圆周槽 70 中的圆形导体 71 在圆周方向上延伸。还可能提供具有绕组的下部径向臂部 33'、34'。圆形导体 71 可朝轭 44 径向向内延伸。轭 44 可以是空的，以允许冷却流体通过轭流动。在上臂部 33 中沿径向通量路径段 L1、在外环 32 中沿通量路径段 L2 竖直向下、在下径向臂部 33' 中沿通量路径段 L3 径向向内以及在轭 31 中沿轴向通量路径段 L4 轴向向上延伸形成通量路径。沿通量路径段 L1-L4 的通量的方向依赖于绕组中的电流的方向，并且可以在上径向臂部 33 中径向向外引导并且在下径向臂部 33' 中径向向内引导，或者可以反向径向向内通过上径向臂部 33 并且通过下径向臂部 33' 径向向外引导。

[0065] 鉴于圆形导体 71，在根据本实施方式的功率旋转装置中的磁场将没有相位位移，并允许具有非常紧凑的径向尺寸的旋转装置的构造。

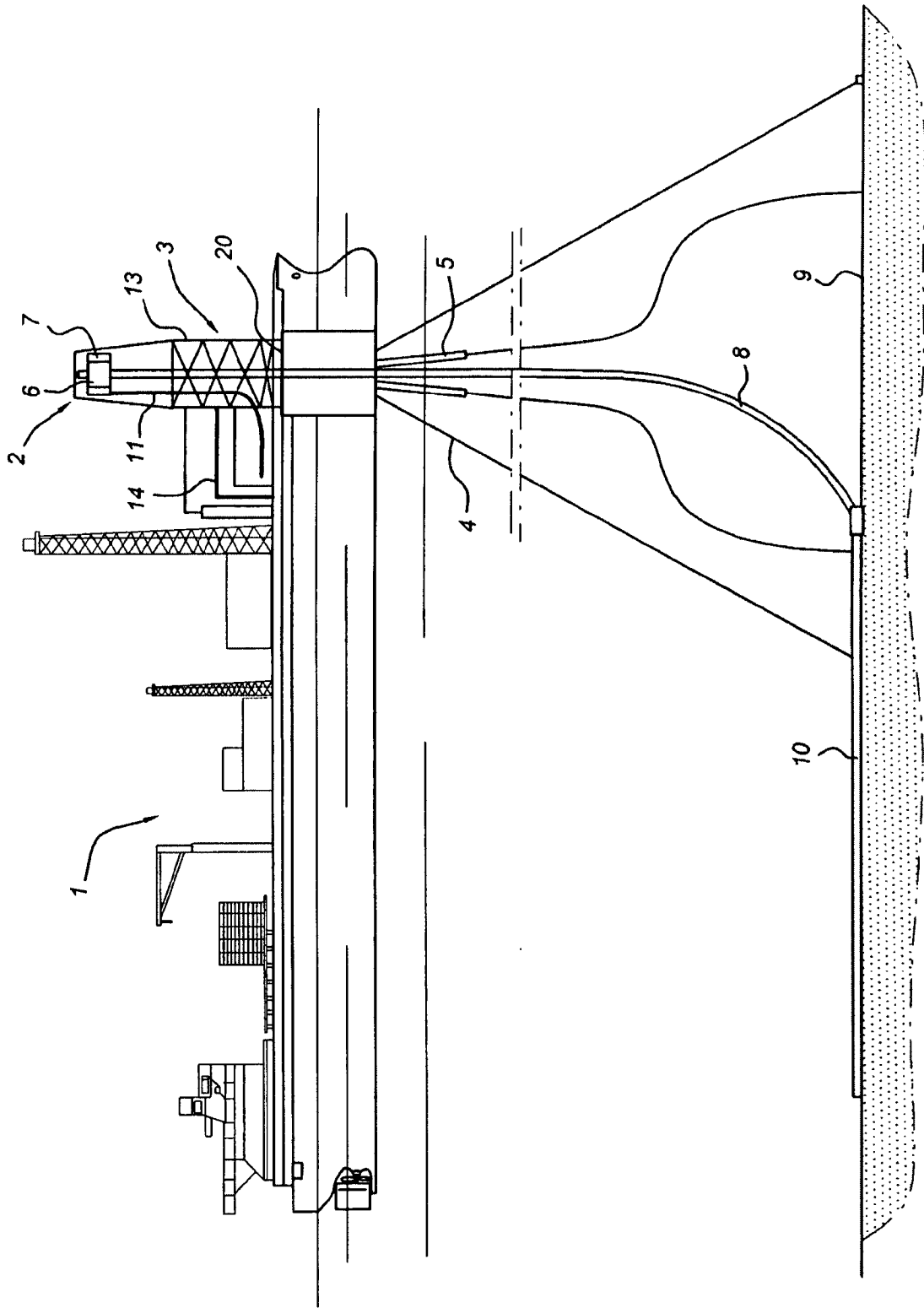


图 1

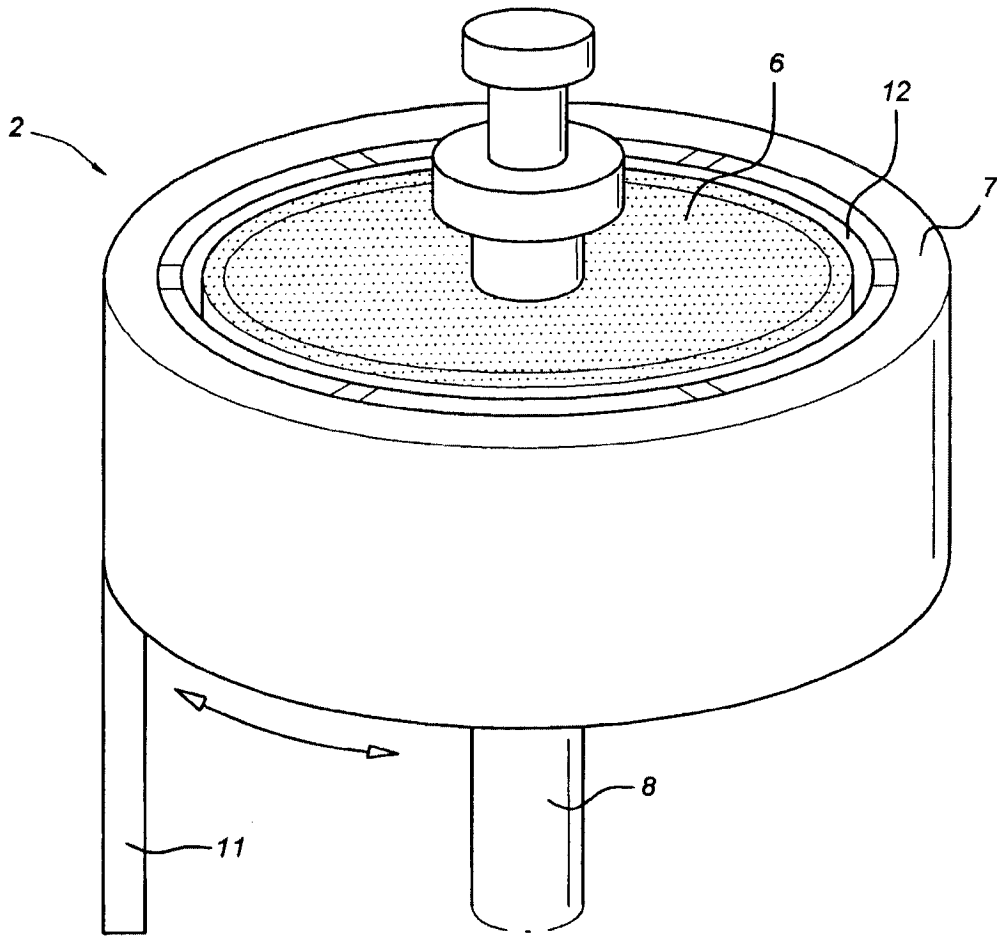


图 2

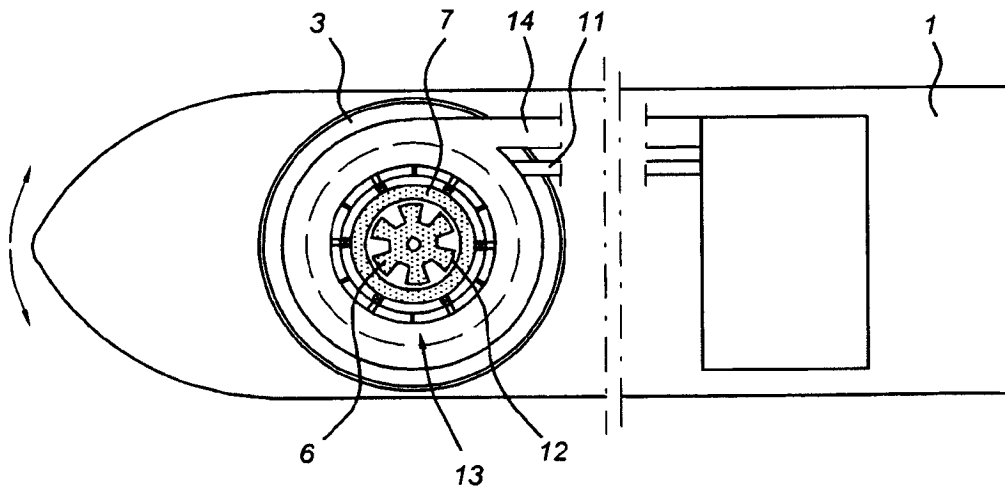


图 3

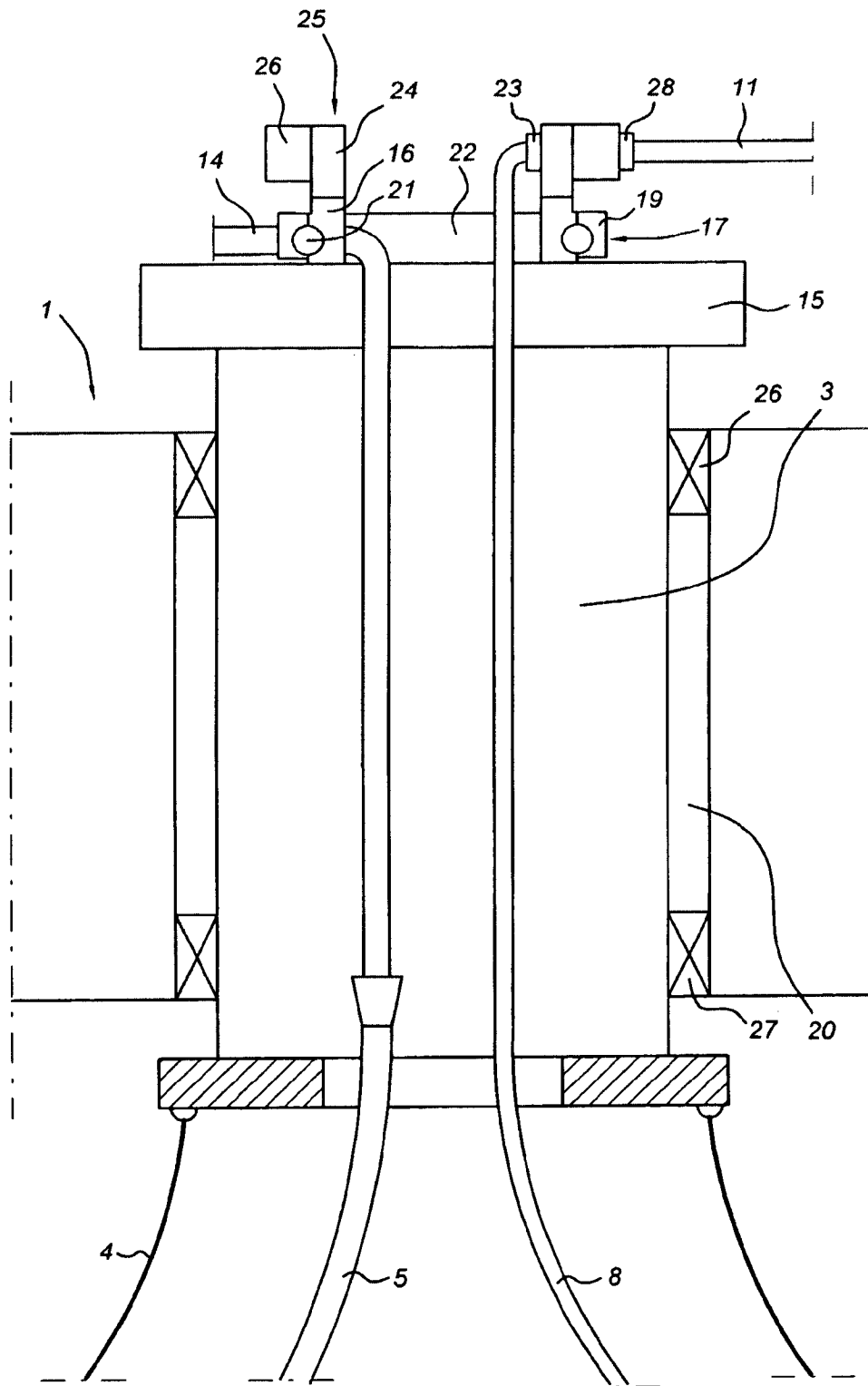


图 4

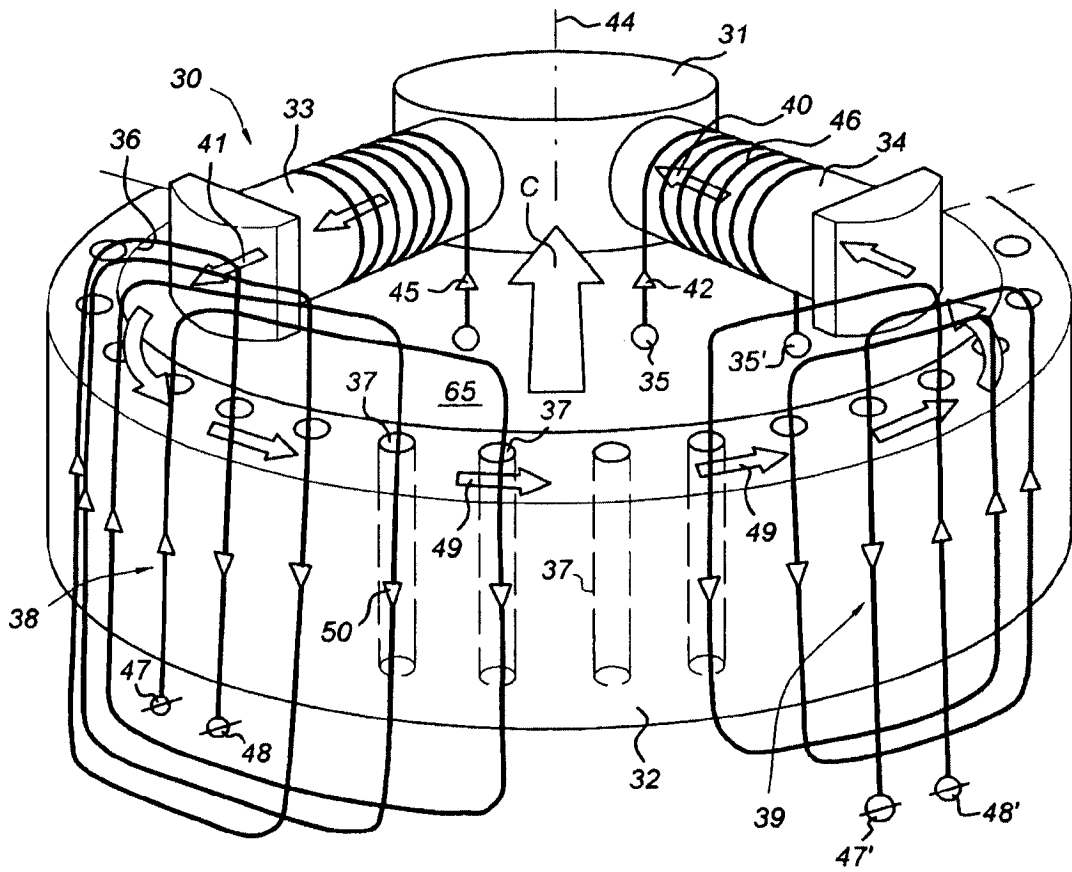


图 5

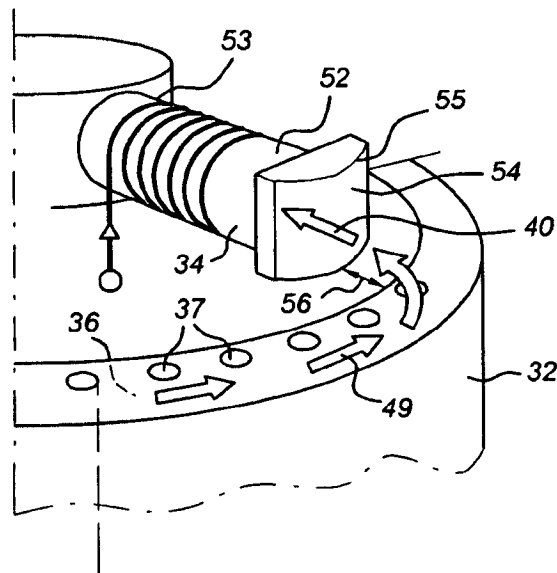


图 6

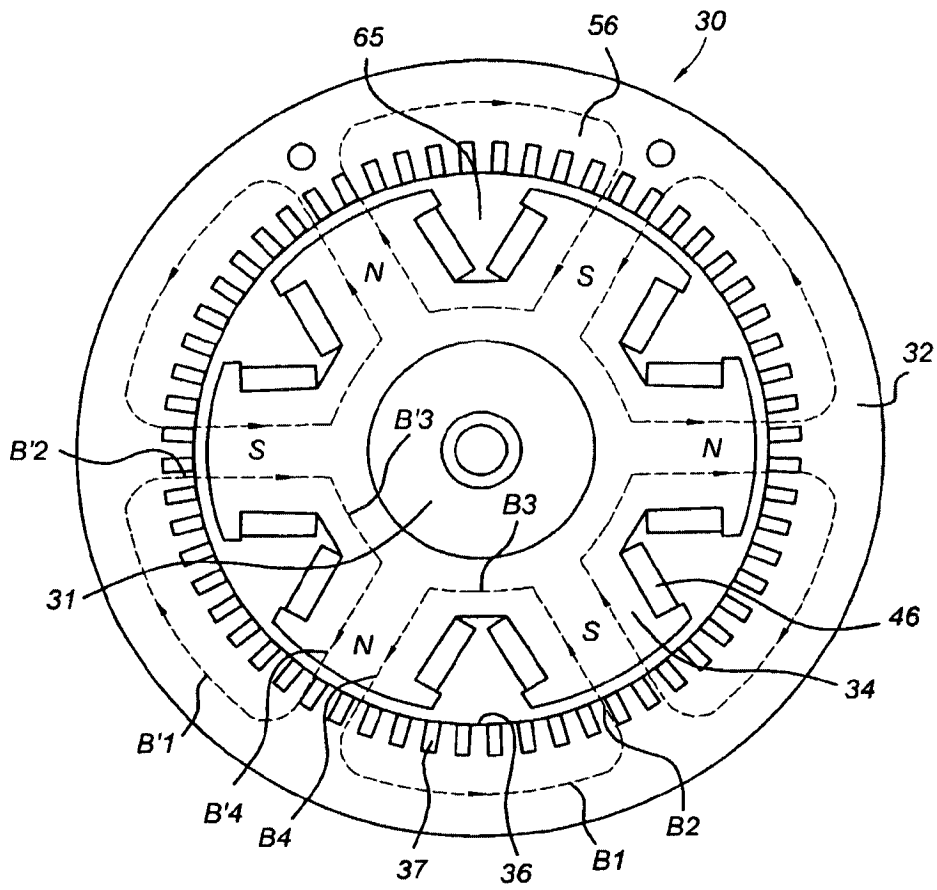


图 7

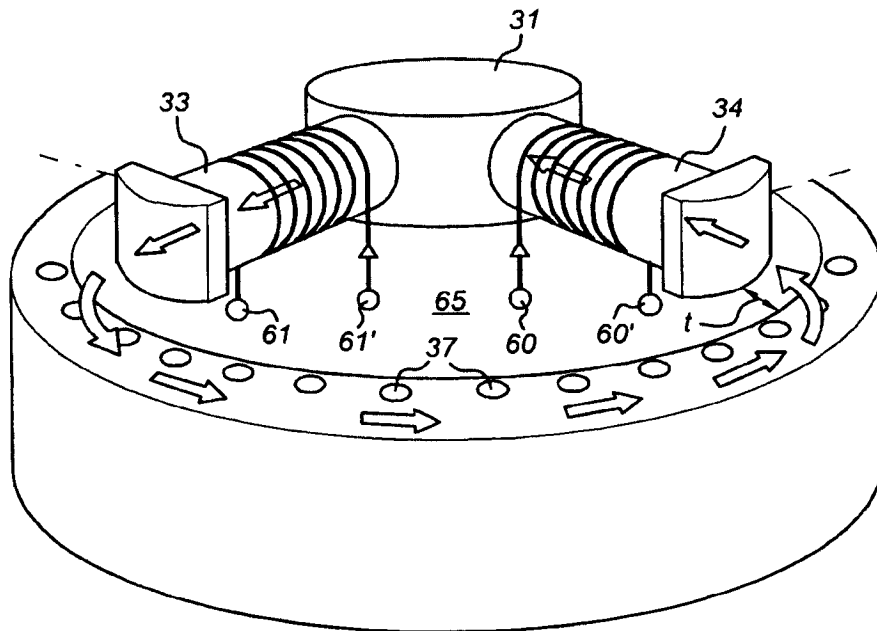


图 8

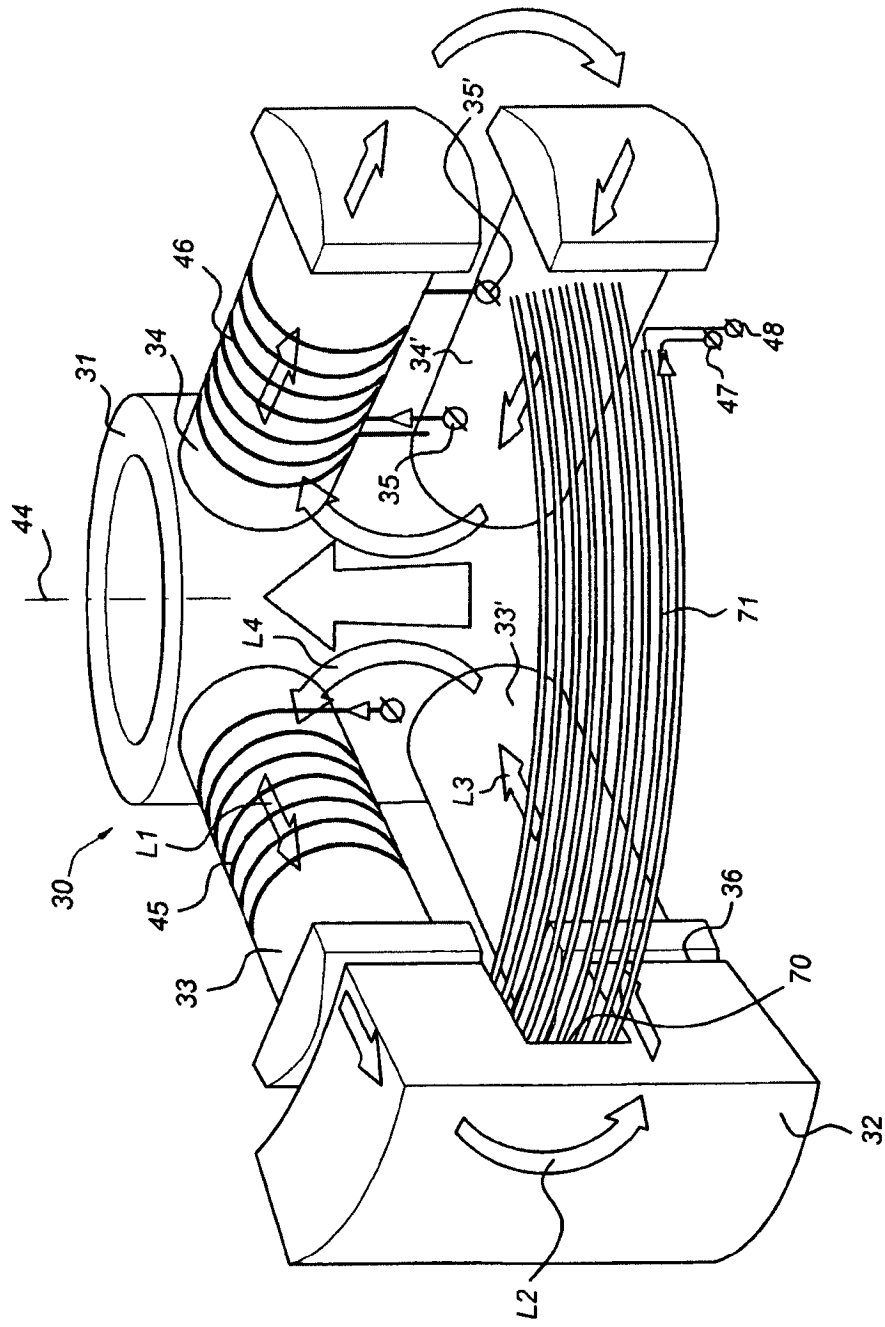


图 9