



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104471658 A

(43) 申请公布日 2015. 03. 25

(21) 申请号 201380024572. 7

代理人 宋义兴 周伟明

(22) 申请日 2013. 05. 03

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

H01F 38/18(2006. 01)

1254291 2012. 05. 10 FR

H01F 30/12(2006. 01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2014. 11. 10

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/FR2013/050984 2013. 05. 03

(87) PCT国际申请的公布数据

W02013/167828 FR 2013. 11. 14

(71) 申请人 雷比诺电力系统

地址 法国布拉尼亚克

(72) 发明人 塞德里克·杜维尔

(74) 专利代理机构 中国商标专利事务所有限公

司 11234

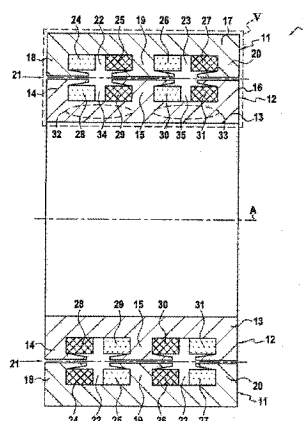
权利要求书2页 说明书9页 附图11页

(54) 发明名称

磁屏蔽三相旋转变压器

(57) 摘要

本发明涉及一种包括初级部分 (11 ;12) 和次级部分 (12 ;11) 的三相变压器 (10), 该初级部分 (11) 包括由铁磁性材料制成的第一主体和初级绕组 (24,25,26,27), 该次级部分 (12) 包括由铁磁性材料制成的第二主体和次级绕组 (28,29,30,31), 该第一主体限定轴线 A 的第一环形狭槽 (22) 和轴线 A 的第二环形狭槽 (23), 该初级绕组包括在第一狭槽 (22) 中的轴线 A 的第一螺旋形绕组 (24)、在第一狭槽 (22) 中的轴线 A 的第二螺旋形绕组 (25)、在第二狭槽 (23) 中的轴线 A 的第三螺旋形绕组 (26) 以及在第二狭槽 (23) 中的轴线 A 的第四螺旋形绕组 (27), 该第二绕组 (25) 和该第三绕组 (26 ;226) 串联连接。



1. 一种具有初级部分 (11 ;12) 和次级部分 (12 ;11) 的三相变压器 (10, 110, 210, 310, 510) ;

所述初级部分 (11) 包括由铁磁性材料制成的第一主体和初级线圈 (24, 25, 26, 27 ; 224, 225, 226, 227), 所述次级部分 (12) 包括由铁磁性材料制成的第二主体和次级线圈 (28, 29, 30, 31 ;228, 229, 230, 231) ;

所述第一主体限定轴线 A 的环形的第一狭槽 (22) 和所述轴线 A 的环形的第二狭槽 (23), 所述第一狭槽 (22) 由第一侧腿 (18 ;214)、中心腿 (19 ;215) 和环 (17 ;213) 所限定, 所述第二狭槽 (23) 由所述中心腿 (19 ;215)、第二侧腿 (20 ;216) 和所述环 (17 ;213) 所限定 ;以及

所述初级线圈包括在所述第一狭槽 (22) 中对应于相位 U 的所述轴线 A 的第一螺旋形线圈 (24 ;234)、在所述第一狭槽 (22) 中的所述轴线 A 的第二螺旋形线圈 (25 ;235)、在所述第二狭槽 (23) 中的所述轴线 A 的第三螺旋形线圈 (26 ;226), 以及在所述第二狭槽 (23) 中对应于相位 W 的所述轴线 A 的第四螺旋形线圈 (27 ;227), 对应于相位 V 的所述第二线圈 (25 ;225) 和所述第三线圈 (26 ;226) 串联连接 ;

其中, 对于在所述第二线圈 (25 ;225) 和所述第三线圈 (26 ;226) 中流动的电流 (I_{bp}), 所述第二线圈 (25 ;225) 和所述第三线圈 (26 ;236) 的缠绕方向和连接方向对应于用于所述第二线圈 (25 ;225) 的第一磁势 ($-P_b$), 以及对应于与所述第三线圈 (26 ;226) 的第一磁势 ($-P_b$) 相反的第二磁势 (P_b)。

2. 根据权利要求 1 所述的变压器 (10, 110, 510), 其中所述初级部分 (11 ;12) 和所述次级部分 (12 ;11) 围绕所述轴线 A 相对于彼此可旋转移动。

3. 根据权利要求 2 所述的变压器 (10, 110), 其中所述第二主体限定所述轴线 A 的第一环形次级狭槽 (34) 和所述轴线 A 的第二环形次级狭槽 (35), 所述第一次级狭槽 (34) 由第一次级侧腿 (14)、次级中心腿 (15) 和次级环 (13) 所限定, 所述第二次级狭槽 (35) 由所述次级中心腿 (15)、第二次级侧腿 (16) 和所述次级环 (13) 所限定 ;

所述次级线圈包括在所述第一次级狭槽 (34) 中对应于相位 U 的所述轴线 A 的第一螺旋形次级线圈 (28)、在所述第一次级狭槽 (34) 中的所述轴线 A 的第二螺旋形次级线圈 (29)、在所述第二次级狭槽 (35) 中的所述轴线 A 的第三螺旋形次级线圈 (30), 以及在所述第二次级凹口 (35) 中对应于相位 W 的所述轴线 A 的第四螺旋形次级线圈 (31), 对应于相位 V 的所述第二次级线圈 (29) 和所述第三次级线圈 (30) 串联连接。

4. 根据权利要求 2 所述的变压器 (510), 其中所述第二主体限定所述轴线 A 的第一环形次级狭槽 (34) 和所述轴线 A 的第二环形次级狭槽 (35), 所述第一次级狭槽 (34) 由第一次级侧腿 (14)、次级中心腿 (15) 和次级环 (13) 所限定, 所述第二次级狭槽 (36) 由所述次级中心腿 (15)、第二次级侧腿 (16) 和所述次级环 (13) 所限定 ;

所述次级线圈包括串联连接的一个或多个次级线圈 (424c, 429c, 431c), 围绕所述次级腿缠绕的所述次级线圈 (429a) 在所述次级腿中的所述狭槽 (436) 中穿过。

5. 根据权利要求 3 或 4 所述的变压器 (10, 110), 其中所述第一侧腿 (18) 和所述第一次级侧腿 (14) 彼此成直线并由一气隙 (21) 分离, 所述第一中心腿 (19) 和所述第一次级中心腿 (15) 彼此成直线并由一气隙 (21) 分离, 所述第二侧腿 (20) 和所述第二次级侧腿 (16) 彼此成直线并由一气隙 (21) 分离。

6. 根据权利要求 2 至 5 中任何一项所述的变压器 (10, 510), 其中所述初级部分 (11 ; 12) 相对于所述轴线 A 包围所述次级部分 (12 ; 11), 或者相反。

7. 根据权利要求 2 至 5 中任何一项所述的变压器 (110), 其中所述初级部分 (11 ; 12) 和所述次级部分 (12 ; 11) 沿着所述轴线 A 的方向位于彼此旁边。

8. 根据权利要求 1 所述的变压器 (210, 310), 其中所述初级部分和所述次级部分相对于彼此静止。

9. 根据权利要求 1 至 8 中任何一项所述的变压器 (10, 110, 210), 其中由铁磁性材料制成的所述第一主体和第二主体完全包围所述初级线圈和所述次级线圈。

磁屏蔽三相旋转变压器

技术领域

[0001] 本发明涉及变压器的一般领域。尤其地,本发明涉及三相旋转变压器。

背景技术

[0002] 一种三相旋转变压器用来转换能量和 / 或信号,而并没有在两个相对彼此旋转的轴线之间接触。

[0003] 图 1 和 2 分别显示现有技术的三相旋转变压器 1。

[0004] 变压器 1 具有三个对应于相位 U、V 和 W 的单相旋转变压器 2。各单相旋转变压器 2 具有围绕轴线 A,相对于彼此旋转的部分 3 和部分 4。在例子中,部分 3 是定子,部分 4 是转子,或反之亦然。在变型中,部分 3 和部分 4 两者均相对于参考静止框架(未示出)可旋转移动。螺旋形线圈 5 接纳在由部分 3 的铁磁性材料制成的主体所限定的狭槽 6 中。螺旋形线圈 7 接纳在由部分 4 的铁磁性材料制成的主体所限定的狭槽 8 中。对于各单相旋转变压器 2,线圈 5 和 7 形成初级线圈和次级线圈(或反之亦然)。

[0005] 图 1 显示其中部分 3 围绕轴线 A 包围部分 4 的被称为“U 形”的变型,而图 2 显示了被称为“E 形”或“罐形”的变型,其中部分 3 和部分 4 沿着轴线方向在彼此旁边。

[0006] 图 1 或 2 的三相变压器 1 所具有的重量和体积是大的,因为不可充分地利用各相位的磁通量,不像其中可以耦合通量的具有加强通量的三相静态变压器。此外,在图 2 的例子中,有必要使用根据在旋转轴线与相位之间的距离而不同的部分的导电体,以保存平衡的电阻。

[0007] 文件 US 2011/0050377 描述了四柱三相旋转变压器。此变压器具有相当大的重量和体积。此文件也描述了五柱三相旋转变压器。此变压器具有相当大的重量和体积。此外,其利用穿过在磁路的中心柱中的狭槽的辐射式绕组,其中这种绕组执行起来比使用在图 1 和 2 的变压器中的螺旋形绕组更复杂。

[0008] 因此,存在改进三相变压器的拓扑的需要。

发明内容

[0009] 本发明提供一种具有初级部分和次级部分的三相变压器。

[0010] 该初级部分包括由铁磁性材料制成的第一主体和初级线圈,该次级部分包括由铁磁性材料制成的第二主体和次级线圈;

[0011] 第一主体限定轴线 A 的第一环形狭槽和轴线 A 的第二环形狭槽,第一狭槽由第一侧腿、中间腿和环所限定,第二狭槽由中间腿、第二侧腿和环所限定;以及

[0012] 初级线圈包括在第一狭槽中的对应于相位 U 的轴线 A 的第一螺旋形线圈、在第一狭槽中的轴线 A 的第二螺旋形线圈、在第二狭槽中的轴线 A 的第三螺旋形线圈、以及在第二狭槽中的对应于相位 W 的轴线 A 的第四螺旋形线圈,对应于相位 V 的第二线圈和第三线圈串联连接;

[0013] 其中,对于在第二线圈和第三线圈中流动的电流,第二线圈和第三线圈的缠绕方

向和连接方向对应于用于第二线圈的第一磁势,以及对应于与第三线圈的第一磁势相反的第二磁势。

[0014] 在此变压器中,如果使三相电流沿着适当的方向在初级线圈中流动,考虑到初级线圈的缠绕方向,则第一初级线圈和第二初级线圈的磁势是相反的,第三初级线圈和第四初级线圈的磁势是相反的。这导致了通量耦合,所述通量耦合使变压器可具有根据体积和重量减少的尺寸。除其他事项外,这导致了在腿中再生成了具有加强连接通量的三柱三相静态变压器的耦合通量。此外,变压器的初级只使用轴线 A 的简单螺旋形线圈,因此使结构可特别简单。

[0015] 在一实施例中,初级部分和次级部分围绕轴线 A 相对于彼此可旋转移动。

[0016] 在这种情况下,本发明提供了三相旋转变压器,特别地相对于使用三个单相旋转变压器,所述三相旋转变压器借助于其被耦合的通量而具有减少的重量和体积。

[0017] 在一实施例中,第二主体限定轴线 A 的第一环形次级狭槽和轴线 A 的第二环形次级狭槽,第一次级狭槽由第一次级侧腿、次级中间腿和次级环所限定,第二次级狭槽由次级中心腿、第二次级侧腿和次级环所限定,次级线圈包括在第一次级狭槽中的对应于相位 U 的轴线 A 的第一螺旋形次级线圈、在第一次级狭槽中的轴线 A 的第二螺旋形次级线圈、在第二次级狭槽中的轴线 A 的第三螺旋形次级线圈、以及在第二次级凹口中的对应于相位 W 的轴线 A 的第四螺旋形次级线圈,对应于相位 V 的第二次级线圈和第三次级线圈串联连接。

[0018] 在此实施例中,次级以与初级相同的原理制造。因此,次级也有利于限制变压器的重量和体积,并在仅仅使用轴线 A 的螺旋形线圈的同时使变压器可构建。

[0019] 在一实施例中,第二主体限定轴线 A 的第一螺旋形次级狭槽和轴线 A 的第二螺旋形次级狭槽,第一次级狭槽由第一次级侧腿、次级中间腿和次级环所限定,第二次级狭槽由次级中心腿、第二次级侧腿和次级环所限定;

[0020] 次级线圈包括串联连接的一个或多个次级线圈,围绕所述次级腿缠绕的所述次级线圈在所述次级腿中的狭槽中穿过。

[0021] 在此实施例中,次级在与初级的原理不同的原理上制造,可尽管如此仍具有类似的优点。因此,次级也有利于限制变压器的重量和体积,并在使用轴线 A 的大部分螺旋形线圈的同时使变压器可构建。

[0022] 在一实施例中,第一侧腿和第二次级侧腿彼此成直线并由气隙分离,第一中心腿和第一次级中心腿彼此成直线并由气隙分离,第二侧腿和第二次级侧腿彼此成直线并由气隙分离。

[0023] 初级部分可以相对于轴线 A 包围次级部分,或反之亦然。这对应于被称为“U 形”的变压器的制造。

[0024] 初级部分和次级部分可以沿着轴线 A 的方向在彼此旁边定位。这对应于被称为“E 形”或“罐形”的变压器的制造。

[0025] 在一实施例中,初级部分和次级部分相对于彼此静止。根据本发明的静态变压器具有与根据本发明的旋转变压器相同的优点。

[0026] 在一实施例中,由铁磁性材料制成的第一主体和第二主体完全包围初级线圈和次级线圈。

[0027] 在这种情况下,变压器被磁屏蔽。

附图说明

[0028] 从参考显示不具有限制性特性的实施的附图所获得的以下说明显示了本发明的其它特性和优点。在附图中：

[0029] 图 1 和 2 分别是现有技术的三相旋转变压器的截面图；

[0030] 图 3 是在本发明的第一实施例中，具有加强的连接通量的磁屏蔽三相旋转变压器的截面图；

[0031] 图 4 是图 3 变压器的磁路的分解立体图；

[0032] 图 5A 至 5E 是显示用于连接图 3 变压器的线圈的多个变型的电路示意图；

[0033] 图 6A 至 6C 分别显示了在线圈的不同定位变型中的图 3 的细节；

[0034] 图 7 是在本发明的第二实施例中，具有加强的连接通量的磁屏蔽三相旋转变压器的截面图；

[0035] 图 8 是图 7 变压器的磁路的分解立体图；

[0036] 图 9 是在本发明的第三实施例中，具有加强的连接通量的磁屏蔽三相旋转变压器的截面图；

[0037] 图 10 是在本发明的第四实施例中，具有加强的连接通量的磁屏蔽三相旋转变压器的截面图；

[0038] 图 11 是在有用于理解本发明的第一实施例中，具有加强的连接通量的三相旋转变压器的截面图；

[0039] 图 12 是图 11 变压器的另外一个截面图；

[0040] 图 13 是图 11 变压器的磁路的剖面立体图；

[0041] 图 14 是显示图 13 变压器的运转的电路示意图；

[0042] 图 15 是在有用于理解本发明的第二实施例中的变压器的磁路的剖面立体图，其可以被视为图 11 变压器的变型；以及

[0043] 图 16 是在本发明的第五实施例中，具有加强的连接通量的旋转变压器的截面图。

具体实施方式

[0044] 图 3 是在本发明的第一实施例中的旋转变压器 10 的截面图。变压器 10 是具有加强连接通量的磁屏蔽三相旋转变压器。

[0045] 变压器 10 包括适用于围绕轴线 A 相对于彼此旋转的部分 11 和部分 12。在例子中，部分 11 是定子，部分 12 是转子，或相反。在一变型中，部分 11 和部分 12 两者均相对于参考静止框架（未示出）可旋转移动。

[0046] 部分 12 包括轴线 A 的环 13 以及由铁磁性材料制成的三个腿 14、15 和 16。各腿 14、15 和 16 从环 13 开始，远离轴线 A 沿着径向延伸。腿 14 在环 13 的一个端部，腿 16 在环 13 的另外一端部，腿 15 位于腿 14 与 16 之间。环 13 和腿 14 和 15 限定沿着径向向外方向张开的环形狭槽 34。环 13 和腿 15 和 16 限定沿着径向向外方向张开的环形狭槽 35。以一般的方式，环 13 和腿 14、15 和 16 形成一铁磁性材料的主体，所述主体限定沿着径向向外方向张开的两个环形狭槽 34 和 35。

[0047] 部分 11 包括轴线 A 的环 17 以及由铁磁性材料制成的三个腿 18、19 和 20。环 17

包围环 13。各腿 18、19 和 20 从环 17 开始,朝向轴线 A 沿着径向延伸。腿 18 在环 17 的一个端部,腿 20 在环 17 的另外一端部,腿 19 位于腿 18 与 20 之间。环 17 和腿 18 和 19 限定沿着径向向内方向张开的环形狭槽 22。环 17 和腿 19 与 20 限定沿着径向向内方向张开的环形狭槽 23。以一般的方式,环 17 和腿 18、19 与 20 形成一铁磁性材料的主体,所述主体限定沿着径向向内方向张开的两个环形狭槽 22 和 23。

[0048] 腿 14 和 18、15 和 19 还有 16 和 20 成对地面朝彼此,以限定一气隙 21,从而形成变压器 10 的柱。

[0049] 环 13 和 17 与腿 14 至 16 和 18 至 20 共同形成变压器 10 的磁路。因此,变压器 10 是三柱变压器。更精确地,变压器 10 的磁路具有第一柱(对应于腿 14 和 18)、第二柱(对应于腿 15 和 19)以及第三柱(对应于腿 16 和 20)。图 4 是显示图 10 变压器的磁路的剖面分解图。

[0050] 再次参考图 3,变压器 10 包括紧固到部分 11 上的线圈 24,25,26 和 27 以及紧固到部分 12 上的线圈 28,29,30 和 31。以下,标号 p 和 s 参照一结构来使用,其中,线圈 24 至 27 是变压器 10 的初级线圈,线圈 28 至 31 是变压器 10 的次级线圈。然而,初级和次级可以相对于所描述的例子自然地对调。

[0051] 线圈 24 是对应于变压器 10 的相位 U_p 的轴线 A 的螺旋形线圈。其位于狭槽 22 中。线圈 25 是轴线 A 的螺旋形线圈,其位于狭槽 22 中。线圈 26 是轴线 A 的螺旋形线圈,其位于狭槽 23 中,并与线圈 25 串联连接。线圈 25 和 26 对应于变压器 10 的相位 V_p 。最后,线圈 27 是对应于变压器 10 的相位 W_p 的轴线 A 的螺旋形线圈。其位于狭槽 23 中。所述线圈 24 至 27 分别具有 n_1 个匝。术语“轴线 A 的螺旋形线圈”用来表示其匝围绕轴线 A 缠绕的线圈。在该受限的意思中,术语“螺旋形”不用来指通过围绕一轴线旋转一圆而产生的固体。相反,如在例子中所示,螺旋形线圈的截面可以特别地是矩形的。

[0052] 以对应的方式,线圈 28 是对应于变压器 10 的相位 U_p 的轴线 A 的螺旋形线圈。其位于狭槽 34 中。线圈 29 是轴线 A 的螺旋形线圈,其位于狭槽 34 中。线圈 30 是轴线 A 的螺旋形线圈,其位于狭槽 35 中,并与线圈 29 串联连接。线圈 29 和 30 对应于变压器 10 的相位 V_s 。最后,线圈 31 是对应于变压器 10 的相位 W_s 的轴线 A 的螺旋形线圈。其位于狭槽 35 中。

[0053] 线圈 24,25,28 和 29 包围位于环 13 中的磁芯 32。术语“磁芯”用来指磁路的一部分,其中由该线圈所生成的相同方向的通量占大多数。因此,在线圈 24 和 25 中流动的电流对应于在磁芯 32 中的磁势。以对应的方式,线圈 26,27,30 和 31 包围位于环 13 中的磁芯 33。因此,在线圈 26 和 27 中流动的电流对应于在磁芯 33 中的磁势。

[0054] 以下参考图 5A 说明变压器 10 是如何工作的。在图 5A 中,使用了以下的标号:

[0055] A_p , B_p 和 C_p 是变压器 10 的初级线圈的入口点。图 3 的相位 U, V 和 W 分别对应于图 4A 的相位 A, B 和 C,但是假如相同的对应被使用于次级,则所有其他类型的对应均是可能的。

[0056] I_{ap} , I_{bp} , 和 I_{cp} 是在点 A_p , B_p , 和 C_p 处的各自的输入电流。

[0057] O_{ap} , O_{bp} , 和 O_{cp} 是使电耦合可以与所有类型的静态三相变压器(星-星,星-三角,三角-三角,三角-星,Z 字形...) 相同的连接点。

[0058] 黑点显示了在一线圈内流动的电流与对应磁势的方向之间的关系:如果该点在线

圈的左边,则该线圈的缠绕方向使得所生成的磁势沿着与输入电流相同的方向(顺时针缠绕)。如果该点在线圈的右侧,则缠绕方向导致所生成的磁势沿着相对于输入电流相反的方向(以逆时针方向缠绕)。

[0059] P_a , $-P_b$, P_b 和 P_c 是分别对应于电流 I_{ap} , I_{bp} 和 I_{cp} 在核心 32 和 33 中的磁势;

[0060] A_s , B_s , C_s , O_{as} , O_{bs} 和 O_{cs} 是出口点和用于与次级连接的点。

[0061] 考虑到图 5A 中所显示的线圈 25 和 26 的缠绕方向和串联,在核心 32 中的电流 I_{bp} 对应于沿着与磁势 P_a 相反的方向的磁势 $-P_b$,在核心 33 中的电流 I_{bp} 对应于沿着与磁势 P_c 相反的方向的磁势 P_b 。

[0062] 图 5B 至 5E 是类似于图 5A 的示意图,其中只显示了初级,它们显示使可获得相同效果的变型的串联和缠绕方向。

[0063] 这样,变压器 10 使得可生成磁势 P_a , P_b 和 P_c ,所述电势模数相等且在各磁芯 32 和 33 上的方向相反,并且在两个磁芯之间,相对于对称件 B 的轴线是对称的。因为具有 $2\pi/3$ 相位偏移的两个磁势源使相位相互偏移 $2\pi/3$ 的三个三相电压源被重新构造,因此变压器 10 可作为具有加强通量(连接通量)的三相变压器来工作。

[0064] 如果匝数在次级阶段中被确定为 n_2 ,则在任何三相变压器中,电压比被确定为第一近似值 n_2/n_1 ,电流比被确定为 n_1/n_2 。旋转变压器 10 具有与具有连接的(加强的)通量的任何静态三相变压器的相同性质,包括处理多个次级的可能性。由具有图 5A 至 5E 的绕组拓扑的磁路所实施的磁耦合使得可在所生成的磁通量上具有与在相对于单相变压器的具有加强通量的三相静态变压器上的耦合系数相同的 $3/2$ 的耦合系数。为了具有最佳的耦合系数,主要由于气隙,因此有必要使各磁柱的磁阻相等。具体地,由于在具有加强通量的静态三相变压器中,有必要在各柱中生成高于所述磁性材料的磁阻的等效磁阻。在一旋转变压器中,这通过气隙自然地获得。

[0065] 变压器 10 具有几个优点。

[0066] 特别地,可以看到,磁路完全包围线圈 24 至 31。这样,变压器 10 是磁屏蔽的。而且,线圈 24 至 31 都是轴线 A 的螺旋形线圈。因此,变压器 10 不要求线圈的形状更复杂。

[0067] 此外,可以在电感和电阻中平衡变压器 10 的相位电阻。

[0068] 具体地,具有 $2*n_1$ 的总匝数的相位 V 的电感仍然等于相位 U 和 W 的电感,各相位均具有 n_1 匝,因为磁路的几何形状用来取消在各半-线圈中的一半通量。更准确地,线圈 25 具有与线圈 24 数量相同的匝数,并具有相同的磁路,这同样适用于线圈 26 和线圈 27。然而,线圈 24 和 27 与相同数量的匝对称,因此它们的电感相等。线圈 25 沿着与线圈 26 相反的方向缠绕,因此其通量的一半被取消,因为中心柱(由腿 15 和 19 形成)并联连接,这同样适用于线圈 26。因此,线圈 25 和 26 的总电感等于线圈 24 和 27 的总电感。

[0069] 电阻可以通过修改在线圈中的导体的截面来平衡。具有 n_1 个匝的相位 U 和 W 的截面是等效的,然而具有 $2*n_1$ 匝的相位 V 的截面是前述截面的两倍。特别是,为了保留在相位中的平衡电阻,两倍长的相位也必须具有两倍的截面积,以补偿其长度的增加。

[0070] 最后,变压器 10 具有减少的重量和体积。

[0071] 具体地,如果变压器 10 与图 1 和图 2 的变压器 1 相比较,并假设其设计为提供相同的性能,则可以使用以下假设:

[0072] 导电材料:指定 Q 为变压器 1 的三个单相变压器中的一个的线圈中的导电材料的

数量。这样,在变压器 1 的线圈中的导电材料的数量是 $3Q$ 。

[0073] 磁性材料:如果各柱具有相同的磁阻 R_e ,则变压器 1 的各单相变压器均具有接近于 $2R_e$ 的磁路的总磁阻。对于变压器 10,磁路的总磁阻接近于 $3/2R_e$ 。

[0074] 对于变压器 10,使用与变压器 1 相同的励磁电流和相同数量的匝数 n_1 ,则感应场和感应通量是双倍的。具体地,对于变压器 1,修正系数是 0.5(即等于 1 的耦合系数除以等于 2 的磁阻率),对于具有连接通量的变压器 10,修正系数是 1(即,等于 $3/2$ 的耦合系数除以等于 $3/2$ 的电阻率)。因此,该比率实际上等于 $2(1/0.5)$ 。对于相同的性能,此特性使得可近似地评估相对于变压器 1 优化变压器 10 的可能性。

[0075] 决定以 $\sqrt{2}$ 减少匝数,从而引起 $\sqrt{2}$ 的感应场的增加,同时使得可对于相同的励磁电流具有相同的电压。

[0076] 对于具有相同焦耳损失和相同相电阻的设计,其给出:

[0077] 对于线圈 24,需要匝数减少 $\sqrt{2}$,这样导电材料的数量是 $Q/\sqrt{2}$ 。对于恒定的焦耳损失,电阻 ($\rho l/S$) 也除以 $\sqrt{2}$ (长度除以 $\sqrt{2}$),因此为了便保留焦耳损失,对于相同的负载电流、励磁电流和电压,可以将截面除以 $\sqrt{2}$ (在实践中,所节省的可能不够大,因为有必要避免局部过热,这取决于导热性)。因此,用于线圈 24 的导电材料的量是 $Q/2$ 。相同的推理应用于线圈 27。

[0078] 对于线圈 25 和 26,需要将匝数减少 $\sqrt{2}$,因此,导电材料的量是 $2*Q/\sqrt{2} = \sqrt{2}*Q$ 。在恒定的焦耳损失处,由于长度相对于 U 形单相变压器乘以 $\sqrt{2}$,因此截面乘以 $\sqrt{2}$ 。因此,线圈 25 和 26 要求导电材料的数等于 $2Q$ 。

[0079] 对于变压器 10 的恒定相电阻,导电材料的总量为: $Q/2 + 2Q + Q/2 = 3*Q$ 。对于变压器 1,导电材料的量是 $3*Q$,即相同的量。通过对比,对于静态三相变压器,导电材料的量是 $3Q/2$ 。

[0080] 关于铁损失,尽管提高了感应场 B ,但仍假定其提高 $\sqrt{2}$ 使得可保持在非饱和条件内(气隙的高磁阻有利于设计在磁性材料中具有弱感应场的变压器 10,有必要增加气隙的面积,以降低其磁阻,这要求提高磁性材料的面积)。

[0081] 由磁滞现象造成的损失由 $K_h B^2 f * V$ 表示,电流损失由 $K_p B^2 f^2 * V$ 表示,其中:

[0082] • V : 体积;

[0083] • f : 利用频率;

[0084] • B : 最大感应场;

[0085] • K_h : 与磁性材料和磁路的结构有关的常数;以及

[0086] • K_p : 与磁性材料和磁路的结构有关的常数。

[0087] 因此,当将标准旋转变压器 1 改换成具有加强通量 ($(\sqrt{2}B)^2 = 2B^2$) 的三相变压器 10 时,损失是每单位体积两倍大。

[0088] 如果评估磁路体积的节省,则可以估计体积降低了大约 42%,这意味着对于铁缺损,存在大约 16% 的整体提高 ($0.58*2 = 1.16$)。这自然取决于最初的尺寸。使用旋转变压器,铁缺损大大少于焦耳损,因此可以视为整体损失的提高(少于 8%)可忽略不计。

[0089] 图 3 中所显示的线圈 24 至 31 的位置构成一个例子,其他的位置可以是适用的。对应于图 3 中的细节的图 6A 至 6C 分别显示了用于定位线圈 24 至 31 的不同的可能性。在图 6A 中,在狭槽 22 或 23 中,线圈沿着轴线方向彼此相邻,它们沿着相反方向被缠绕。在图 6B

中,在狭槽 22 或 23 中,线圈围绕轴线 A 在彼此周围缠绕,它们沿着相反方向被缠绕。在图 6C 中,在狭槽 22 或 23 中,线圈沿着轴线方向彼此临近,它们沿着相同方向缠绕。在未示出的变型中,在狭槽 22 或 23 中的线圈被混合。

[0090] 图 7 显示了本发明的第二实施例中的变压器 110。变压器 110 可被视为是图 3 的“U 形”变压器 10 的“E 形”或“罐形”的变型。因此,相同的附图标记使用在图 6 和图 3 中,而不存在混淆的风险,省略了变压器 110 的详细描述。如在图 8 中可见的那样(图 8 是变压器 110 的磁路的分解立体图,其仅仅提到,附图标记 13 和 17 对应于两个轴向隔开的环,腿 14 至 16 和 18 至 20 在两个环 13 和 17 之间沿着轴向延伸,在此例中的磁芯定位在柱中。

[0091] 图 9 显示了本发明的第三实施例中的变压器 210。该变压器 210 可以被视为对应于图 3 中的旋转变压器 10 的静态变压器。因此,在图 9 中,相同的附图标记使用在图 3 中,加上 200,以指示相同或类似于图 3 的那些元件。

[0092] 变压器 210 具有围绕轴线 A 的环 213、三个腿 214,215 和 216 以及围绕轴线 A 的铁磁性材料的环 217。各腿 214,215 和 216 从环 213 开始远沿着径向离轴线 A 延伸。腿 214 在环 213 的一个端部,腿 216 在环 213 的另外一个端部,腿 215 位于腿 214 与 216 之间。包围环 213 和腿 214 至 216 的环 217 限定一气隙 221。

[0093] 环 213 和 217 与腿 214 至 216 一起形成变压器 210 的三柱磁路。更精确地,变压器 210 的磁路具有第一柱(对应于腿 214)、第二柱(对应于腿 215)以及第三柱(对应于腿 216)。

[0094] 变压器 210 的磁路限定了在两个环、第一柱和第二柱之间的狭槽 222 以及在两个环、第二柱和第三柱之间的狭槽 223。

[0095] 变压器 210 具有线圈 224,225,226 和 227 以及线圈 228,229,230 和 231。

[0096] 线圈 224 是对应于变压器 210 的相位 U_p 的轴线 A 的螺旋形线圈。其位于狭槽 222 中。线圈 225 是轴线 A 的螺旋形线圈,其位于狭槽 222 中。线圈 226 是轴线 A 的螺旋形线圈,其位于狭槽 223 中,并与线圈 225 串联连接。线圈 225 和 226 对应于变压器 210 的相位 V_p 。最后,线圈 227 是对应于变压器 210 的相位 W_p 的轴线 A 的螺旋形线圈。其位于狭槽 223 中。

[0097] 以对应的方式,线圈 228 是对应于变压器 210 的相位 U_p 的轴线 A 的螺旋形线圈。其位于狭槽 222 中。线圈 229 是轴线 A 的螺旋形线圈,其位于狭槽 222 中。线圈 230 是轴线 A 的螺旋形线圈,其位于狭槽 223 中,并与线圈 229 串联连接。线圈 229 和 230 对应于变压器 210 的相位 V_s 。最后,线圈 231 是对应于变压器 210 的相位 W_s 的轴线 A 的螺旋形线圈。其位于狭槽 223 中。

[0098] 变压器 210 是具有加强连接通量和具有三柱磁路的磁屏蔽三相静态变压器。其具有类似于图 3 的变压器 10 的操作和优点。

[0099] 图 10 显示了在第四实施例中的变压器 310。变压器 310 可以被视为图 7 中的磁屏蔽变压器 210 的非磁屏蔽的变型。因此,相同的附图标记使用在图 8 和图 7 中,而不存在混淆的风险,省略了变压器 310 的详细描述。仅陈述变压器 310 的磁路没有完全地包围线圈 224 至 231,因此变压器 310 不是磁屏蔽的,不像变压器 210 那样。

[0100] 为了有助于理解本发明,图 11,12 和 13 显示在一第一实施例中的变压器 410。该变压器 410 可以被视为具有加强连接通量的三相旋转变压器,其可以被视为图 3 的变压器

10 的变型。因此,在图 11 至 13 中,与图 3 的变压器 10 的元件相同或类似的元件由相同的标记表示,而不存在混淆的风险。以下详细地描述了变压器 410 的特定特性。

[0101] 替代螺旋形线圈 24,变压器 410 具有四个线圈,其中的线圈 424a 和线圈 424d 在图 11 中显示,这些线圈串联连接并被位于腿 18 中形成的狭槽 436 中。以对应的方式,替代螺旋形线圈 28,变压器 410 具有四个线圈,其中的线圈 428a 和线圈 428d 在图 11 中显示,这些线圈串联连接并位于腿 15 中形成的狭槽 437 中。

[0102] 替代螺旋形线圈 25 和 26,变压器 410 具有线圈 425a,425b,425c 和 425d,所述线圈串联连接并位于腿 19 中形成的狭槽 436 中,如图 12 中所示。以对应的方式,替代螺旋形线圈 29 和 30,变压器 410 具有线圈 429a,429b,429c 和 429d,所述线圈串联连接并位于腿 15 中形成的狭槽 437 中。

[0103] 类似地,替代螺旋形线圈 27,变压器 410 具有四个线圈,其中的线圈 427a 和线圈 424d 在图 11 中显示,这些线圈串联连接并位于腿 20 中形成的狭槽 436 中。以对应的方式,替代螺旋形线圈 31,变压器 410 具有四个线圈,其中的线圈 431a 和线圈 431d 显示在图 11 中,这些线圈串联连接并位于腿 16 中形成的狭槽 437 中。

[0104] 换句话说,相位不再围绕旋转轴线 A 缠绕,而是围绕各柱沿着径向缠绕。因此,变压器 410 具有三个径向磁芯:在由腿 14 和 18 形成的柱中的芯 428、在由腿 15 和 19 形成的柱中的芯 439 以及在由腿 16 和 20 形成的柱中的芯 440。

[0105] 图 14 使用与图 5A 至 5E 中的相同的标号,其图示了变压器 410 的操作。

[0106] 在图 14 中,对于电流 I_{ap} ,线圈 424a,424d 以及未示出的且与其连接的线圈对应于朝向在磁芯 438 中的轴线 A 的径向磁势 P_a 。类似地,对于电流 I_{bp} ,线圈 425a,425b,425c 和 425d 对应于朝向在磁芯 439 中的轴线 A 的径向磁势 P_b 。最后,对于电流 I_{ac} ,线圈 427a,427d 以及未示出的且与其连接的线圈对应于朝向在磁芯 440 中的轴线 A 的径向磁势 P_c 。

[0107] 磁势 P_a , P_b 和 P_c 的模量是相等的,它们都朝向轴线 A。在一未示出的变型中,磁势 P_a , P_b 和 P_c 均相对于所显示的例子沿着相反的方向,即,它们都沿远离轴线 A 的方向。

[0108] 此结构使通量可正确耦合。更精确地,变压器 410 的拓扑使得可获得与上述变压器 10 中相同的 $3/2$ 的耦合系数。为了获得理论耦合系数和三相平衡,其满足于在环 17 的中点与环 13 的中点之间的,穿过各相同柱的电阻。

[0109] 变压器 410 具有与变压器 10 相同的优点,仅除了使用螺旋形线圈外。特别是,变压器 410 使得可获得相位的耦合,所述耦合使得可获得 $3/2$ 的倍增系数。

[0110] 在所显示的实施例中,对于各相位,变压器 410 包括四个串联的初级线圈(用于中心相位的线圈 425a 至 425d)和四个串联的次级线圈(用于中心相位的线圈 429a 至 429d)。在一变型中,在各柱上的线圈的数量可能更大或更小。对于初级和对于次级,它们可以是在各柱上的不同数量的线圈。

[0111] 图 11 至 13 中所显示的变压器 410 是“U 形”变压器。在一未示出的变型中,“E 形”或“罐形”变压器具有类似的拓扑。在这种情况下,磁芯将是同轴的。图 15 在分解立体图中示出了适用于制造这种“E 形”变型的磁路。对应于图 13 中元件的元件由相同的附图标记示出,不存在混淆的风险。

[0112] 在图 3 的变压器 10 中,和在图 11 的变压器 410 中,线圈使三相通量可在变压器的三个柱中以等效于具有加强通量的三相静态变压器的方式再生成。同样地,在图 7 的变压

器 110 中,和在变压器 410 的“E 形”变型(未示出,但基于图 15 的磁路)中,线圈使三相通量可在变压器的三个柱中以等效于具有加强连接通量的三相静态变压器的方式再生成。

[0113] 这样,这些变压器的初级和次级是兼容的。以一般的方式,变压器 10 的初级与拓扑的任何次级兼容,使得可在该三个柱中以等效于具有加强连接通量的三相静态变压器的方式再生成三相通量。因此,在变压器 10 中,初级和次级根据相同的原理制造。然而,在一变型中,初级或次级可以根据不同的原理来制造,例如,根据图 11 至 13 的变压器 410 的原理制造。

[0114] 图 16 是在一第五实施例中的变压器 510 的截面图,使用变压器 10 的初级和变压器 410 的次级。因此,在图 16 中,相同的附图标记使用在图 3 中或图 11 中,省略了详细的描述。

[0115] 以已知的方式,一变压器可具有多个次级。因此,在未示出的实施例中,各次级的线圈可在一共同主体上使用在普通主体上的变压器 10 的原理和变压器 410 的原理的同时制成,假设所述主体使用变压器 410 的原理,在用于穿过线圈的其腿中具有必要的狭槽。

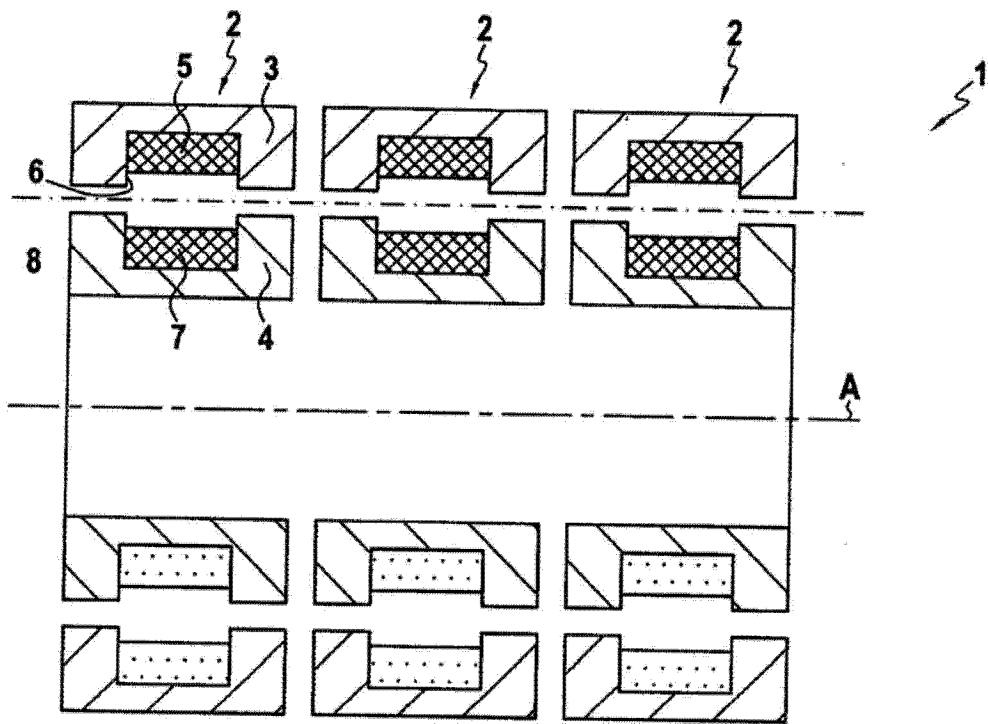


图 1

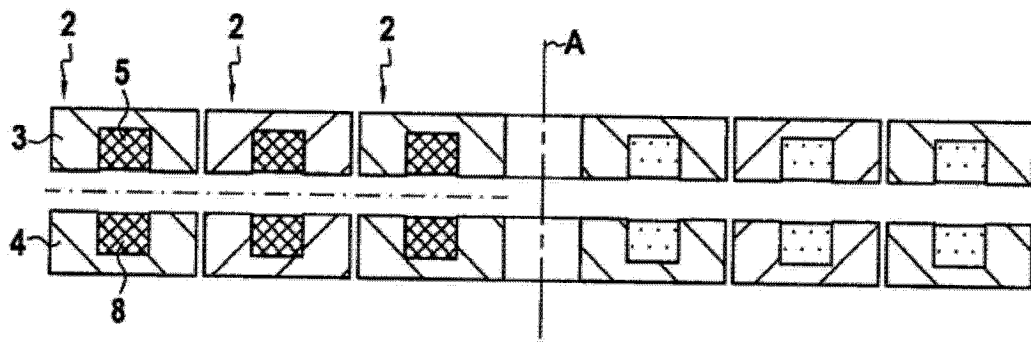


图 2

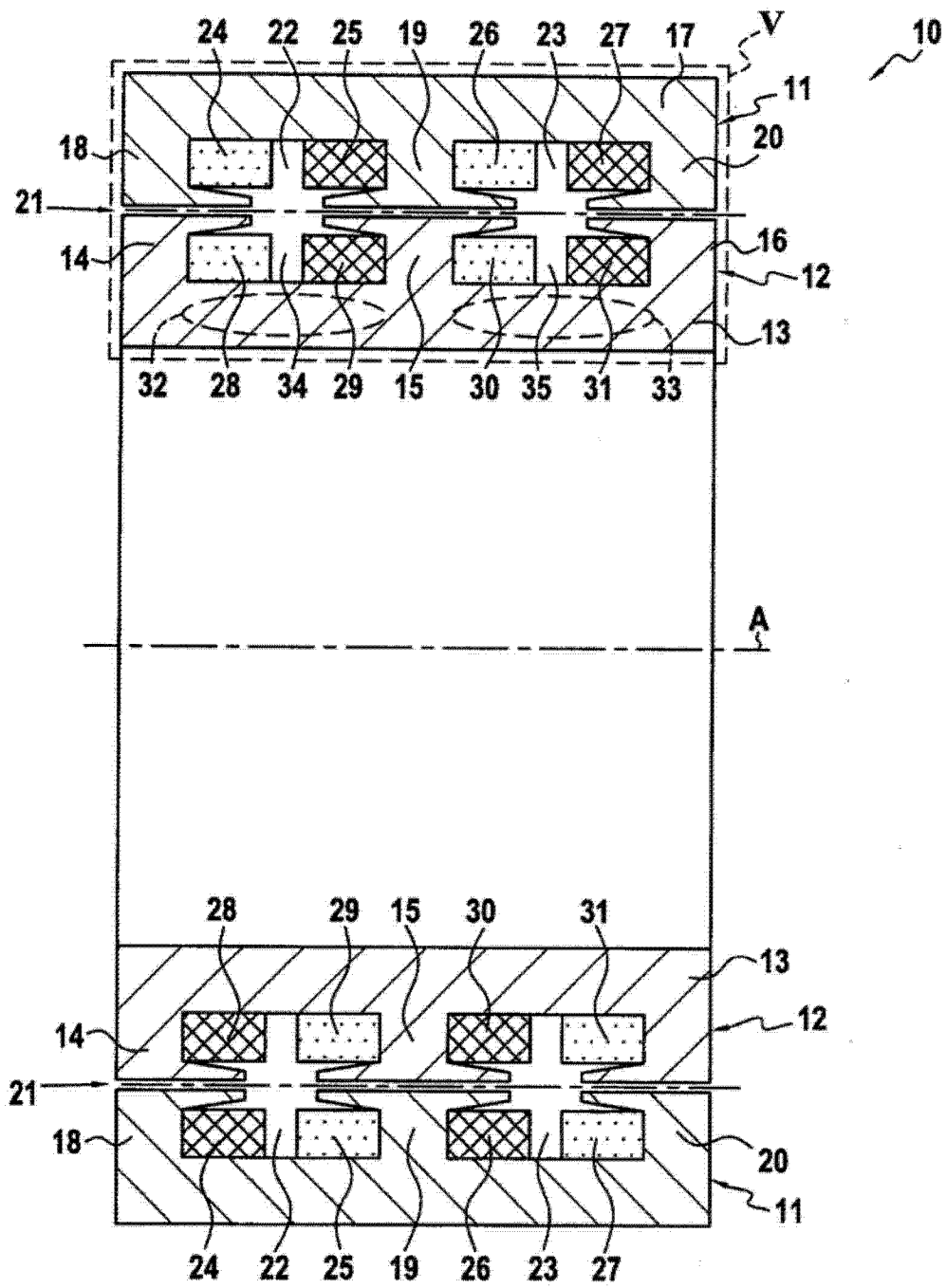


图 3

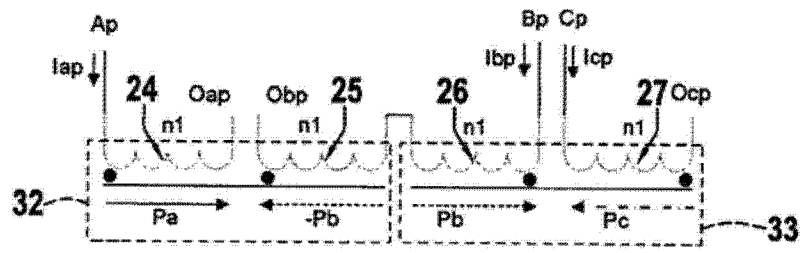


图 5B

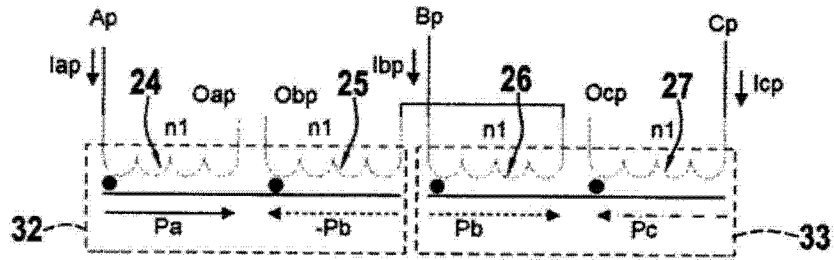


图 5C

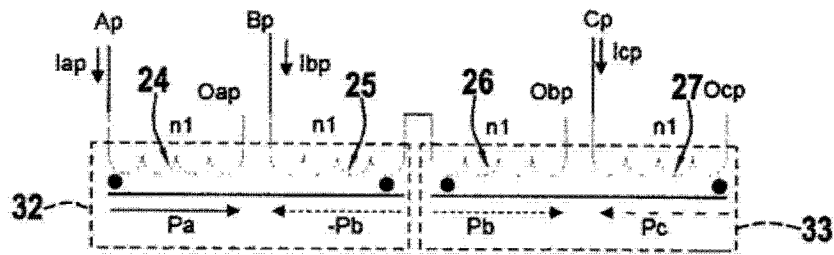


图 5D

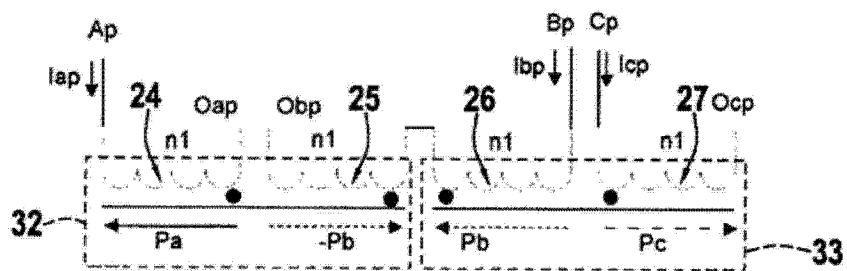


图 5E

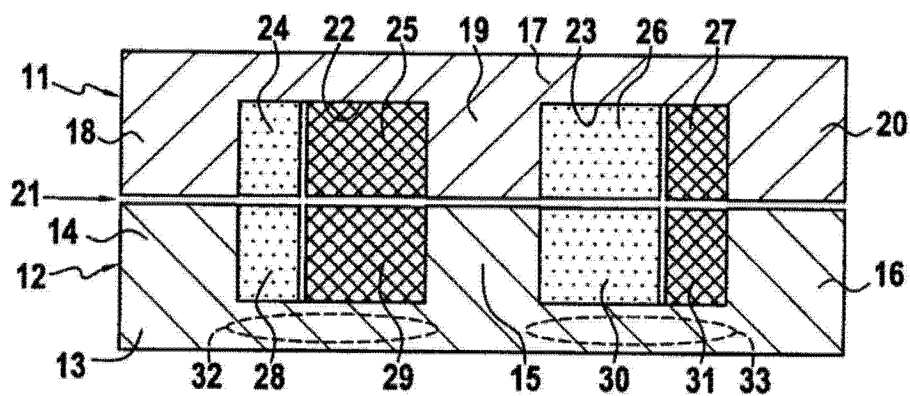


图 6A

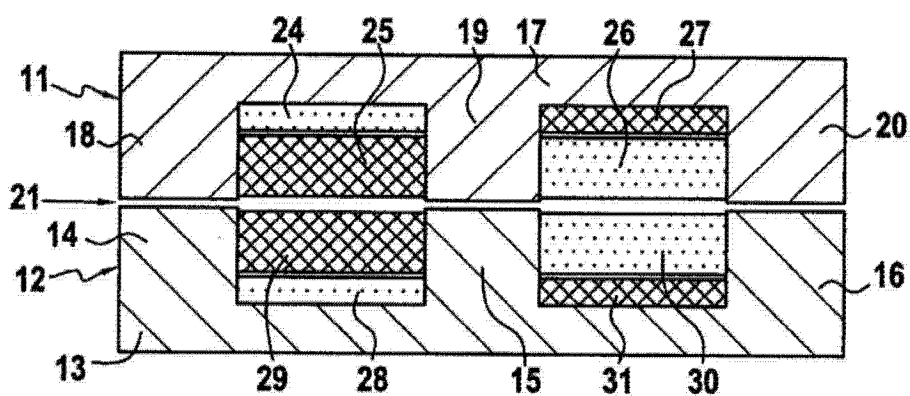


图 6B

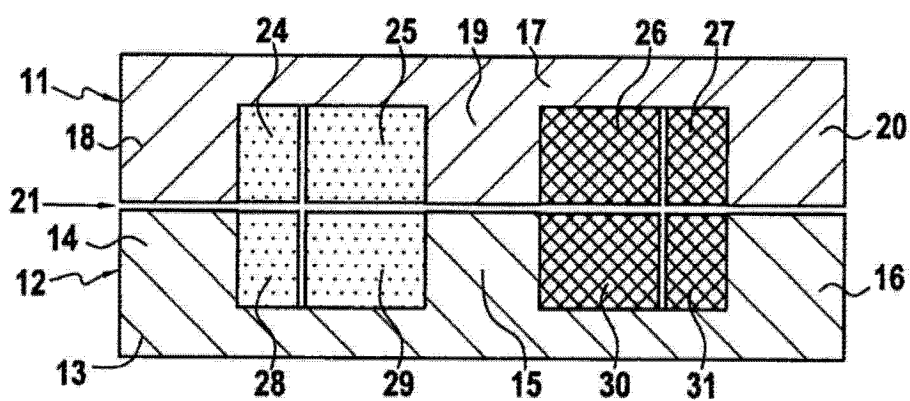


图 6C

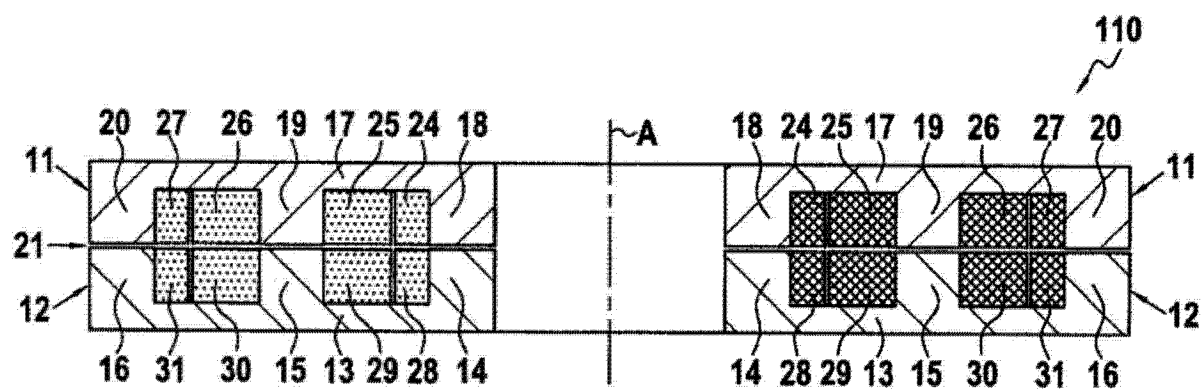


图 7

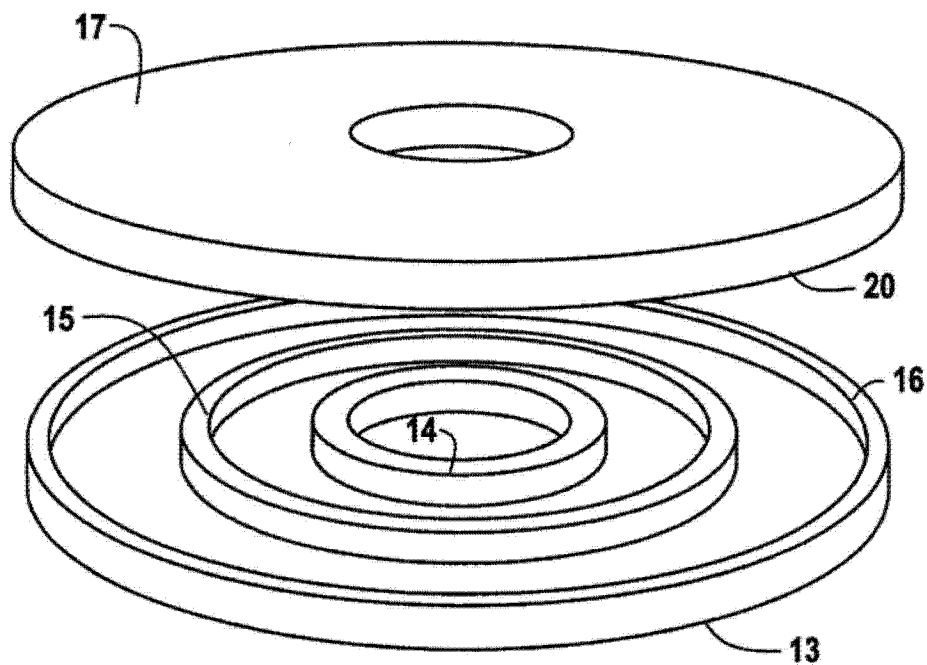


图 8

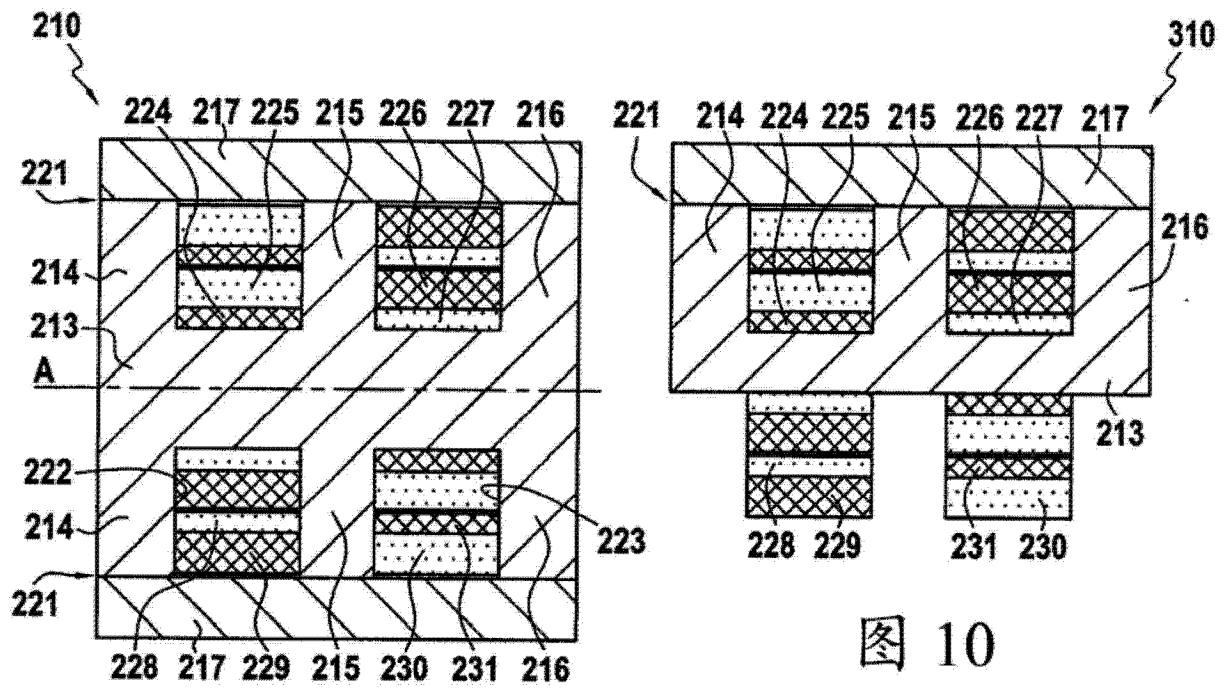


图 10

图 9

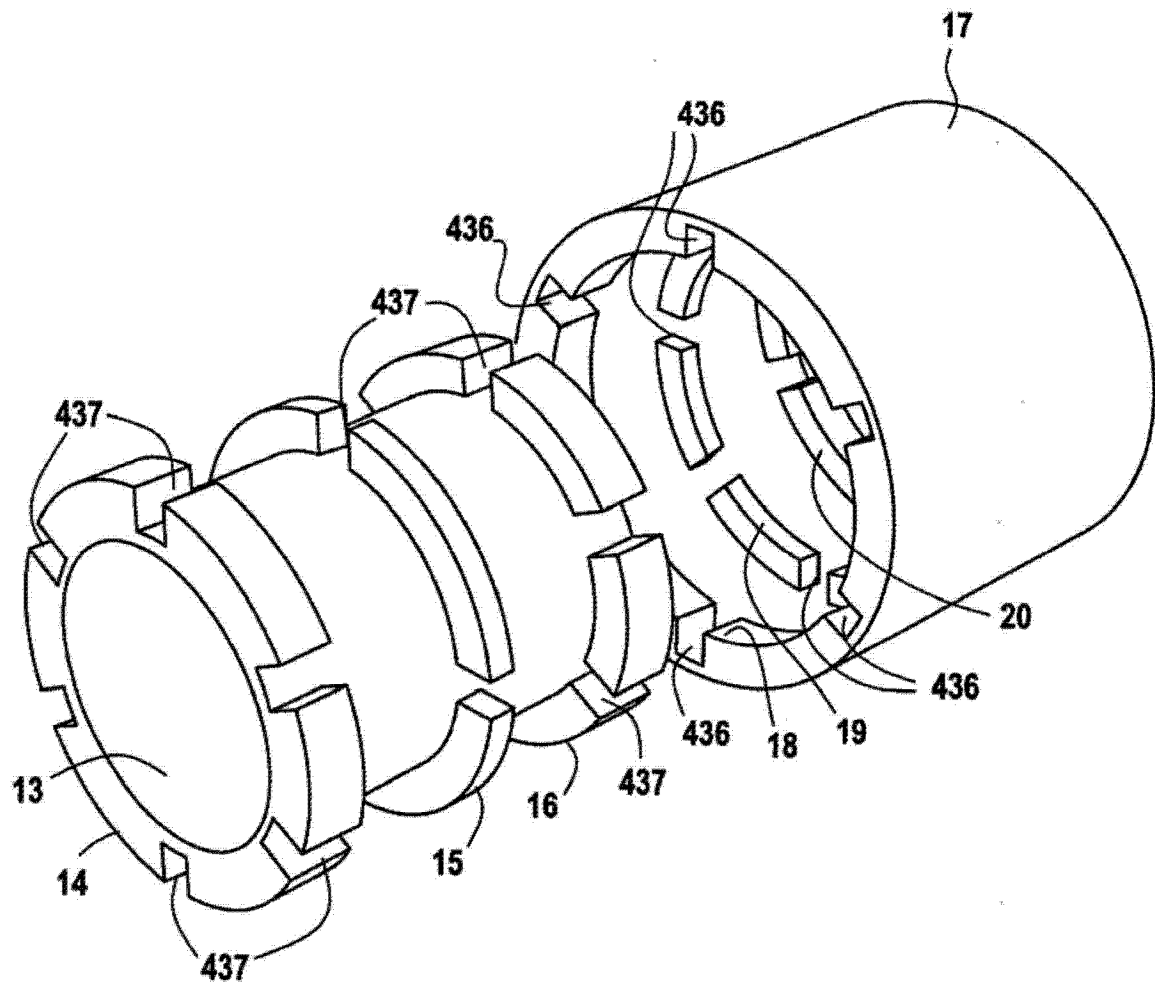


图 13

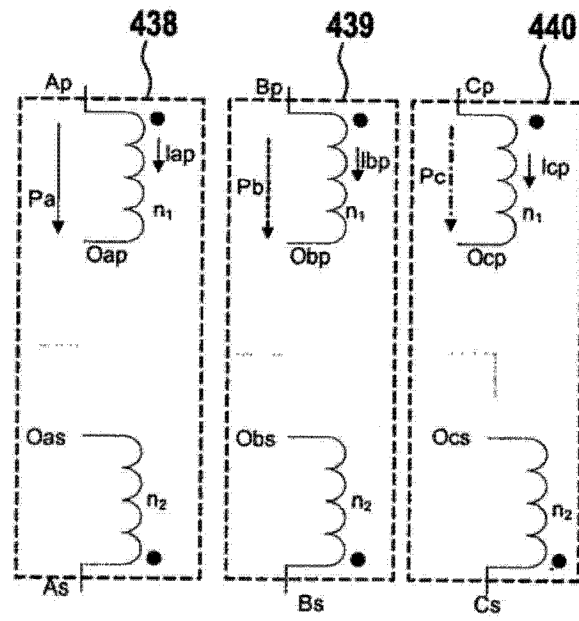


图 14

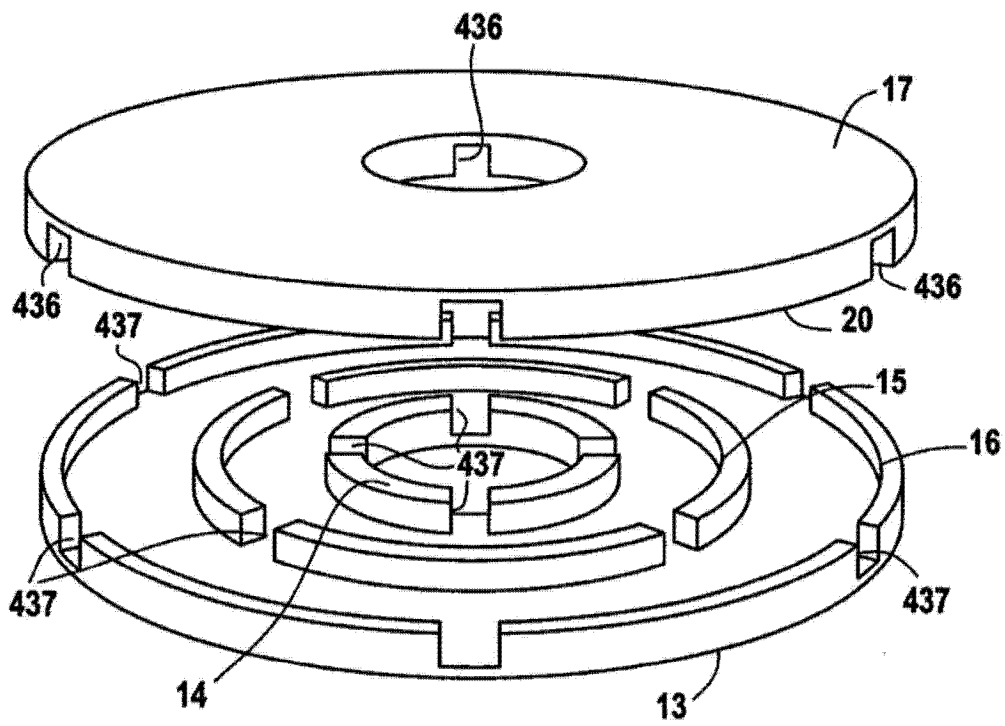


图 15

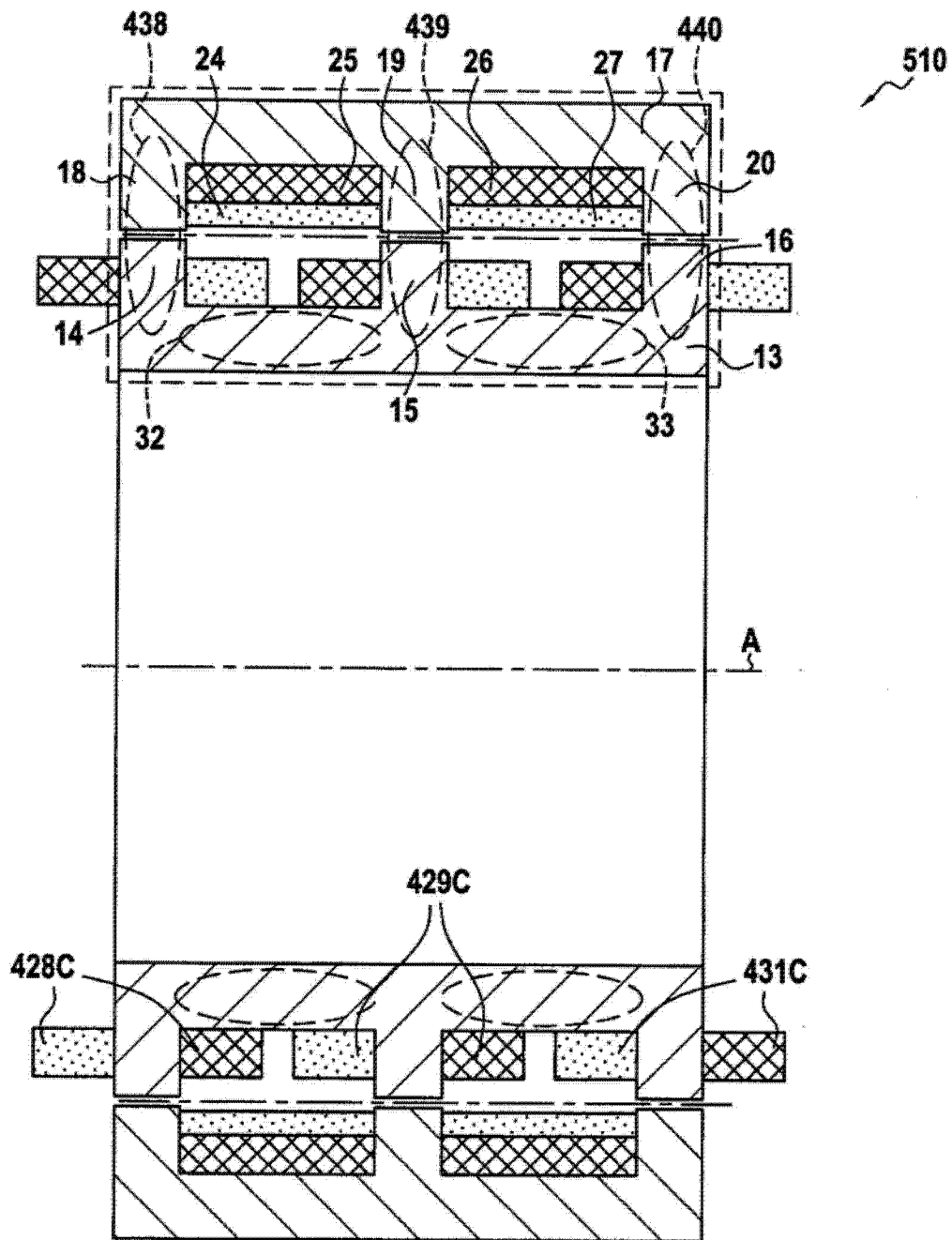


图 16