



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102549882 B

(45) 授权公告日 2014. 09. 17

(21) 申请号 201080041790. 8

H02K 21/14(2006. 01)

(22) 申请日 2010. 09. 20

(56) 对比文件

(30) 优先权数据

61/244, 281 2009. 09. 21 US

PA200970119 2009. 09. 21 DK

EP 1005136 A1, 2000. 05. 31, 说明书第 [0017] 和 [0023] 段, 权利要求 10, 图 2a-2c.

CN 101253669 A, 2008. 08. 27, 说明书第 4 页第 5-20 行, 图 1-4.

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2012. 03. 20

DE 10050352 C1, 2002. 01. 03, 说明书第 [0028]-[0029] 段, 图 1, 2b.

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2010/063796 2010. 09. 20

WO 2007043161 A1, 2007. 04. 19, 全文.

CN 1853329 A, 2006. 10. 25, 全文.

(87) PCT国际申请的公布数据

W02011/033106 EN 2011. 03. 24

EP 1005136 A1, 2000. 05. 31, 说明书第 [0017] 和 [0023] 段, 权利要求 10, 图 2a-2c.

(73) 专利权人 霍加纳斯股份有限公司

地址 瑞典霍加纳斯

审查员 杨静

(72) 发明人 G·J·阿特金森 A·G·杰克

B·梅克劳

(74) 专利代理机构 北京市中咨律师事务所

11247

代理人 张亚非 杨晓光

(51) Int. Cl.

H02K 1/14(2006. 01)

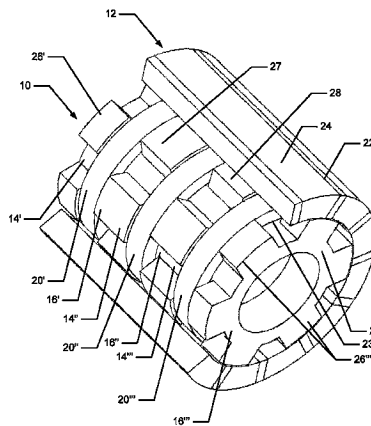
权利要求书2页 说明书12页 附图11页

(54) 发明名称

电机及适于在电机中布置的定子设备

(57) 摘要

公开了一种适于在电机中布置的定子设备 (10), 其中电机还包括移动设备, 其中定子设备是多相定子设备, 其中相位在与移动设备 (12) 的运动方向垂直的方向中被并排布置, 且其中每个相位包括具有齿组 (27) 的第一定子核心部 (14)、具有齿组 (27) 的第二定子核心部 (16) 以及线圈 (20), 且其中齿 (27) 被安排为向着移动设备 (12) 突出; 且其中至少两个相邻相位共享定子核心部 (14), 从而第一相位的第一定子核心部 (14) 和第二相位的第二定子核心部 (16) 被形成为单个单元。



1. 一种电机,包括定子设备和移动设备,

其中定子设备是三相定子设备,其包括三个在与移动设备的运动方向垂直的横向方向并排布置的相位,其中定子设备包括多个齿组,每个齿向着移动设备突出且包括面向移动设备的界面表面,其中每组中的齿沿着运动方向分布,其中多个齿组包括两个外围组和被布置在外围组之间的横向方向上的多个内部组;其中内部组的齿在横向方向上比外围组的齿更宽,且提供了由两个相邻相位共享的共用磁通路径;其中外围组的齿的界面表面定义了定子设备和移动设备之间的活动气隙区域的横向范围;

其中移动设备包括多个永磁体,所述永磁体在所述运动方向被在横向方向中作为直线杆延伸的极部彼此分离,所述杆提供了跨活动气隙区域的横向范围延伸的磁通路径;

其中各个组的齿被布置为相对于其他组的齿在运动方向上位移;且

其中定子设备包括四组齿,每组包括N个齿,N是大于1的整数,且其中各个齿组的齿被布置为相对于第一个齿组的齿而圆周地位移 $0^\circ/N$ 、 $150^\circ/N$ 、 $270^\circ/N$ 、 $60^\circ/N$ 的角度。

2. 如权利要求1所述的电机,其中定子设备包括多个定子核心部,每个定子核心部包括一个齿组。

3. 如权利要求2所述的电机,其中定子核心部由软磁粉末制成。

4. 如权利要求2到3中任一个所述的电机,其中定子核心部包括多个被布置在各个定子核心部之间的绕组。

5. 如权利要求2到3中的任一个所述的电机,其中每个定子核心部包括定子核心后部和一组从定子核心部延伸的齿,其中定子核心后部连接齿并在运动方向提供所述齿组的相邻齿之间的通量路径。

6. 如权利要求5所述的电机,其中每个定子核心部还包括轭部,所述轭部提供了在横向方向上向着包括相同相位的另一个齿组的另一个定子核心部的通量路径。

7. 如权利要求1到3中的任一个所述的电机,其包括两个每个具有单个相邻相位的外围相位,和一个内部相位;其中该内部相位包括两个共用的齿组,每个共用的齿组被磁性地与相应外围相位中的一个共享,该外围相位包括一组外围齿和一组共用齿,共用齿磁性地与外围相位的相应相邻相位共享,且其中共用齿在与运动方向垂直的方向上具有比外围齿的相应宽度更大、且小于外围齿的相应宽度的二倍的宽度。

8. 如权利要求1到3中的任一个所述的电机,其中电机是旋转机,且其中移动设备是转子。

9. 如权利要求1到3中的任一个所述的电机,其中四个齿组的横向宽度分别是1单位、 $\sqrt{3}$ 单位、 $\sqrt{3}$ 单位和1单位。

10. 如权利要求1到3中的任一个所述的电机,其中移动设备是被布置为线性地在移动设备的运动方向移动的动子。

11. 如权利要求1到3中的任一个所述的电机,其中电机是调制极机。

12. 如权利要求1到3中的任一个所述的电机,其中定子设备和/或移动设备提供了三维(3D)通量路径,包括在相对于运动方向的横向方向中的通量路径分量。

13. 一种适于在电机中布置的定子设备,其中电机还包括移动设备,

其中定子设备是三相定子设备,其中相位在与移动设备的运动方向垂直的方向中被并

排布置,且其中每个相位包括两个每个具有各自的齿组的定子核心部、连接定子核心部的通量桥和线圈,且其中齿被布置为向着移动设备突出;

其中两个相邻相位的第一个的第一定子核心部的齿和两个相邻相位的第二个的第二定子核心部的对应的齿提供由两个相邻相位共享的共用磁通路径;且

其中定子设备包括四组齿,每组包括N个齿,N是大于1的整数,且其中各个齿组的齿被布置为相对于第一个齿组的齿而圆周地位移 $0^\circ/N$ 、 $150^\circ/N$ 、 $270^\circ/N$ 、 $60^\circ/N$ 的角度。

14. 如权利要求13所述的定子设备,其中,两个相邻相位的第一个的第一定子核心部的齿位于在与移动设备的运动方向垂直的方向中与两个相邻相位中的第二个的第二定子核心部的相应的齿相同的位置。

15. 如权利要求13或14所述的定子设备,其中每个定子核心部是软磁结构。

16. 如权利要求13或14所述的定子设备,其中每个相位的各个定子核心部的齿组被布置为在与移动设备的运动方向垂直的方向中彼此位移各自的位移,且其中至少两个相位具有不同的位移。

17. 如权利要求13或14所述的定子设备,其中每个定子核心部的齿具有在与移动设备的运动方向垂直的方向中的各自宽度,且其中第一定子核心部的齿具有与第二定子核心部的齿的宽度不同的宽度。

18. 如权利要求13或14所述的定子设备,其中第一定子核心部和第二定子核心部被形成成为包括对第一和第二定子核心部来说是共用的一组共用齿的单个单元。

19. 如权利要求13或14所述的定子设备,其包括两个每个具有单个相邻相位的外围相位,和一中间相位;其中该中间相位包括两个共用的齿组,每个共用的齿组被磁性地与相应外围相位中的一个共享,该外围相位包括一组外围齿和一组共用齿,共用齿磁性地与外围相位的相应相邻的相位共享,且其中共用齿在与运动方向垂直的方向上具有比外围齿的相应宽度更宽、且小于外围齿的相应宽度的二倍的宽度。

20. 如权利要求13或14所述的定子设备,其中四个齿组的轴向宽度分别是1单位、 $\sqrt{3}$ 单位、 $\sqrt{3}$ 单位、1单位。

21. 如权利要求13或14所述的定子设备,其中电机是旋转机,且移动设备是转子。

22. 如权利要求13或14所述的定子设备,其中移动设备是被布置为在移动设备的运动方向上线性移动的动子。

23. 如权利要求13或14所述的定子设备,其中线圈被布置为第一和第二定子核心部之间。

24. 如权利要求13或14所述的定子设备,其中定子设备和移动设备构成调制极机。

25. 如权利要求13或14所述的定子设备,其中定子设备和/或移动设备包括三维(3D)通量路径,包括在相对于移动方向的横向方向中的通量路径分量。

电机及适于在电机中布置的定子设备

技术领域

[0001] 本发明一般涉及电机,更具体地,本发明涉及具有永磁转子或动子结构的旋转或线性移动的三相横向磁通机(transverse flux machine)。这种类型的机器可根据应用领域被用作电动机或是发电机。线性移动的机器可也被表示为线性机、横向动子或平移机。

背景技术

[0002] 横向磁通机(TFM)拓扑是调制极机(modulated pole machine)的一个例子。已知其比传统的机器具有若干优势。单面径向通量定子的基本设计的特征在于与气隙平行的单个简单的相绕组,其具有大致是U形的轭部(yoke section),该轭部包围绕组并主要显露两排平行的面对气隙的齿。最新技术的多相布置的特征在于磁性地堆栈与转子或动子的运动方向垂直的分离的单相单元。随后对于三相布置,相位被电地和磁地转移120度,以平滑操作并产生独立于转子或动子的位置的或多或少的平均力量或转矩。注意,此处所谈到的角度是在电角度中给出的,电角度相当于机械角度除以磁极对的数量。

[0003] 圆柱形的电动机使用同轴的定子和转子,且运动随后被认为是旋转或无尽的旋转。线性机使用平移运动,其通常不是封闭的运动模式,而可能是沿着一条“线”的来回运动。线性机或驱动器具有动子而不是转子。在转子和动子两者中磁路可根据相同的基本磁原理布置,尽管几何结构不一样。

[0004] 高效的转子或动子布置的一个例子是使用与软磁极部或片结合的所谓的埋磁体(buried magnet),以使得永磁场通量集中(flux-concentrate)或在与运动横向的方向上灵活,例如在Jack等人的专利申请W02007/024184中所描述的。

[0005] W02007/024184公开了一种电轮转机(rotary machine),其包括基本上是圆形且包括多个齿的第一定子核心部、基本上是圆形且包括多个齿的第二定子核心部、在第一和第二圆形定子核心部之间布置的线圈、以及包括多个永磁体的转子。第一定子核心部、第二定子核心部、线圈和转子围绕同一个几何轴,且第一定子核心部和第二定子核心部的多个齿被布置为向着转子突出。此外,第二定子核心部的齿相对于第一定子核心部的齿被圆周地位移,且转子中的永磁体通过由软磁材料制成的轴向延伸的极部(pole section)在圆周方向上被彼此分离。

[0006] 单个定子相位部分的堆叠通常是基于单个相位部分之间的物理磁分离,以降低相位间的磁耦合,所述磁耦合可能具有在操作中降低在气隙中的有效通量的效果。

[0007] 在一些应用中,期望提供这样的机器,其从几何角度来说尽可能地紧凑以适应给出的有限空间且能具有高体积比性能(volume specific performance),例如被表示为每体积转矩 [Nm/m^3]。

[0008] 传统的、平衡的120度相移、三相正弦或梯形驱动方案在操作的时间周期期间不是完全地磁性地与核心啮合(engage),且因此整个定子核心体积的很大一部分不断被低效使用。

[0009] 因此,现有技术公开了以 0° , 120° , and 240° 的相序调整一组三相单元。

[0010] 这仍然是一个最优化诸如每体积转矩和 / 或每电流转矩的性能数值或值的问题。
[0011] EP1005136 公开了一种具有合并相位的横向磁通机。但是, 仍然期望提供该种电机更简单的结构。

发明内容

[0012] 本发明公开了一种电机, 其包括定子设备和移动设备,

[0013] 其中定子设备是多相定子设备, 其包括在与移动设备的移动方向垂直的横向方向上并排排列的多个相位, 其中定子设备包括多组齿, 每个齿向移动设备的方向突出且包括面向移动设备的界面表面(interface surface), 其中每组的齿沿着运动方向分布, 其中多组齿包括两个外围组和在外围组之间的横向方向上排列的多个内部组; 其中内部组的齿在横向方向比外围组的齿更宽, 并提供了由两个相邻的相位共享的共用磁通路径。

[0014] 在电机的实施例中, 移动设备包括多个在所述移动方向被极部彼此分离的永磁体, 所述极部形成为在横向方向伸长的直线杆, 且极部跨过定子的所有相位而横向延伸。特别地, 外围组的齿的界面表面可定义在定子设备和移动设备之间的活动气隙区在横向方向度量的横向范围; 且所述杆可提供跨过活动气隙的横向范围而延伸的磁通路径。

[0015] 在电机的实施例中, 各个组的齿被布置为相对其他组的齿的运动方向位移。

[0016] 定子设备的每个相位可由两个定子核心部形成, 其中两个相邻相位中的第一个的第一定子核心部的齿和两个相邻相位中的第二个的第二定子核心部的相应齿被形成为共用的齿组, 其提供由两个相邻相位共享的共用磁通路径。

[0017] 因此, 相邻相位的齿磁性地起到共用齿组的作用, 该共用齿组对两个相邻 / 邻近的相位来说是共用的, 且由两个相邻 / 邻近的相位磁性地共享。移动设备和定子设备的每个具有简单的包括很少零件的结构。移动设备的每个零件具有简单的几何形状, 由此允许有效和节约成本的结构。

[0018] 两个相邻相位的第一的第一定子核心部的齿可位于与两个相邻相位的第二个的第二定子核心部的相应的齿同样的位置(沿着与移动设备的运动方向垂直的方向), 即, 相邻相位的邻近定子核心部的齿可在与移动设备的运动方向垂直的方向互相对齐。第一相位的第一定子核心部和第二相位的第二定子核心部可被形成为两个背对背布置即彼此邻接的单独单元, 或者它们可被形成为单个单元, 由此形成对相邻相位来说是共用的共用定子核心部。

[0019] 所以, 在操作期间相位被组合以磁性地共享定子核心部是有益的, 因为这规定了整个定子核心体积的大部分不断地被有效利用。

[0020] 因为在相邻的相位间共享磁通路径而改善磁化的占空比(duty cycle)是有益的。

[0021] 定子设备可起到单面横向磁通机的作用, 因为在此体积和重量比性能(volume and weight specific performance)改善了。因此, 诸如每体积转矩和 / 或每电流转矩的性能数据可被改善。

[0022] 机器的几何宽度在与运动方向垂直的方向上减少是有益的, 因为相位间的磁分离部分导致了更大的几何宽度。

[0023] 而且, 电轮转机可包括永磁体, 其具有比传统的具有分离相位的定子设备更短的轴向总长度, 是有益的。轴向更短的永磁体将导致更低的成本, 这是又一个益处。

[0024] 当相邻相位的共同定子部分被形成为单个单元时,对于定子设备来说需要数量减少的组件,因为一个定子核心部由两个或更多个相位共享。在现有技术的定子设备中,每个相位具有其自己的单独的一组定子核心部。

[0025] 而且,具有更程度的组件集成是有优势的,因为这样定子设备可更加鲁棒且更容易制造。

[0026] 齿组被定义为一组齿,诸如多个齿。

[0027] 因为相位在与移动设备的运动方向垂直的方向被并排布置,该方向在轮转机中将是轴向的。

[0028] 移动设备可以是在旋转移动设备中的转子或线性移动设备中的动子。

[0029] 在一些实施例中,定子核心部是软磁结构。软磁结构的提高的利用率引起每单位体积性能的提高,这是有益的。在一个实施例中,定子核心部由软磁粉末制成。通过使用软磁粉末来制造定子核心部,定子设备的制造可被简化,且利用有效的三维通量路径的优势,磁通量集中(magnetic flux concentration)可更为高效。

[0030] 每个定子核心部可包括一个定子核心后部和一组从定子核心部延伸的齿,其中定子核心后部连接齿并提供在运动方向的相邻齿之间的磁通路径。定子核心部还可包括轭部,其提供了朝向另一个定子核心部的横向方向的磁通路径,该另一个定子核心部包括相同相位的另一组齿。

[0031] 在一些实施例中,定子设备包括连接到所有相位的定子核心部的单个轭部。在轮转机中,通量桥可以是与第一和第二定子核心部同心布置的定子轭部。通过布置这样的定子核心部,定子组合件的零件制造过程和定子组合件的组装过程可更便利且更加具成本效益。

[0032] 定子核心部可因此被制造,以便仅包括少量的零部件,并允许一组齿中的每个齿与相同相位的另一组齿中的多于一个的齿磁性地沟通。

[0033] 在一些实施例中,定子设备是三相定子。奇数数量的相位是有益的,因为电流的瞬间总和是零,这意味着机器的馈电线的数量减少 1,且在换流器(converter)中所需要的开关设备的数量减少 2。因此,多个奇数数量的相位的最小数量是 3。也可提供相位的其他奇数数量,例如 5、7、9 等。因此,通常多相定子设备可包括 n 个相位(n 是整数且 $n > 1$),包括两个外围相位,每个具有单个的相邻相位,和 $n-2$ 个内部相位,每个内部相位具有两个相邻的相位,其中每个内部相位包括两组共用的齿,每组共用的齿与内部相位的各个相邻相位中的一个共用/共享,其中每个外围相位包括一组外围齿和与外围相位的相应相邻相位共用/共享的一组共用齿。

[0034] 而且,也可提供偶数数量的相位,但如上所述,可能不如奇数数量的相位有优势。

[0035] 在一些实施例中,电机是轮转机。移动设备是转子。在该情况下,第一定子核心部、第二定子核心部、线圈和转子可包围共用的几何轴。在轮转机中,横向方向是机器的轴方向,且运动方向是机器的圆周方向。

[0036] 移动设备中的永磁体可通过直线杆形式的、横向延伸的极部在运动方向被彼此分离。极部可由软磁粉末制成。永磁体可在运动方向被磁化且具有交替的取向。通常,永磁体也可以是在横向方向上伸长的直线杆;杆可以跨活动气隙的横向范围而延伸。

[0037] 在一些实施例中,电机是调制极机,诸如横向磁通机。

[0038] 在传统的机器中,线圈显性地形成磁场的多级结构,且磁芯功能仅是携带该多级场以连接磁体和 / 或其他线圈。

[0039] 在调制极机中,磁路从由线圈产生的非常低的(通常是 2 个)极场形成多极磁场。在调制极机中,磁体经常显性地形成匹配的多极场,但有可能具有从单个磁体形成多极场的磁路。

[0040] 调制极机具有三维(3D)通量路径,其在定子和移动设备两者中的横向方向(例如在旋转电机的轴向)使用磁通路径,其中移动设备是转子。当使用合并相位定子时,三维通量路径特别合适。

[0041] 因此,在一些实施例中,定子设备和 / 或移动设备包括三维通量路径,其包括相对于移动方向的横向方向上的通量路径分量。

[0042] 具有调制的好处是每个极都看到线圈的所有磁动势(MMF),这样随着极的数量增加,磁场强度(MMF/米)上升,而线圈没有任何变化。这可与传统的机器进行比较,在传统的机器中随着极的数量增加,线圈的数量也增加,由此每个线圈变得更小。但是,极距(pole pitch)也随着极的数量而减少,这样随着极的数量增加,在传统的机器中,由于 MMF/线圈的降低平衡了极距的降低,磁场强度或多或少保持恒定。

[0043] 用于调制极机的自然设计是用于较高的极数量。这可能造成非常高的电负荷(electrical loading),即磁场强度,其可能具有对于所需导体的体积的适度要求。

[0044] 因此,调制极机将在这样的情况下展示其最大的优势:极数量较高,且使用传统线圈的可能的电负荷较低。

[0045] 在一些实施例中,调制极机包括爪极(claw pole)布置或延伸。

[0046] 对于调制极机,采取从圆周 / 轴向表面形成转矩的固定几何结构,即,径向场机(radial field machine),场可被径向地携带跨过与磁路的气隙,圆周地以一个极距被携带(这可在定子或转子中或部分地在二者中完成),且轴向地在两个方向上被携带以包围线圈。如果轴向磁路在定子中沿着线圈被闭合,则产生爪极布置。

[0047] 爪极布置或延伸可与合并的相位一起使用,但是轴向爪延伸应是有限的或是较小,以不引起泄露。当爪彼此重叠时会发生泄露,因为这些重叠的面可为泄露通量提供不希望的路径。即使爪仅伸展到相轴宽度的一半,它们也可靠近且这会大量引起不希望磁泄露,因此当使用合并的相位时应仅使用小的或微小的爪。因此,有可能使用微小的爪,其被定义为半爪极,以调整极尖区域,但爪可能无法轴向重叠,因为合并的相位的相移阻碍了爪跨定子轴延伸的自由延伸。

[0048] 本发明涉及不同的方面,包括上述和下述的定子设备及相应的方法、设备和 / 或产品工具,每个都产生一个或多个与提到的第一方面相关地描述的益处和优势,且每个都具有一个或多个实施例,其对应于与提到的第一方面相关地描述和 / 或在所附权利要求里公开的实施例。

附图说明

[0049] 本发明的上述和 / 或其他目的、特点和优势将参考附图、在以下关于本发明的实施例的说明性和非限制性的具体描述中被进一步解释,在附图中:

[0050] 图 1 示出了现有技术的具有分离相位的机器和定子设备的例子。

- [0051] 图 2 示出了具有分离相位的三相机的横截面的例子。
- [0052] 图 3 示出了具有分离相位的三相机的磁通相量(φ_{hasor})图的例子。
- [0053] 图 4 示出了具有分离相位的三相机的定子布置的例子,其从气隙平面的法向示出了定子。
- [0054] 图 5 示出了具有磁性合并的相位的定子设备的例子。
- [0055] 图 6 示出了具有磁性合并的相位的三相机的横截面的例子。
- [0056] 图 7 示出了具有磁性合并的相位的三相机的磁通相量图的例子。
- [0057] 图 8 示出了具有磁性合并的相位的三相机的定子布置的例子,其从气隙平面的法向示出了定子。
- [0058] 图 9 示出了具有磁性合并的相位的三相机的结构的例子。
- [0059] 图 10 示出了三相线性移动机的结构的例子。
- [0060] 图 11 示出了具有磁性合并的相位和半爪极的三相机的结构的例子。
- [0061] 图 12 示出了定子设备和移动设备中的通量路径的例子。

具体实施方式

- [0062] 在下列描述中,将参考附图,其通过说明的方式示出了如何实践本发明。
- [0063] 图 1-4 示出了具有分离相位的三相机的例子,其可被称为分离相位调制极机(SPMPM)。
- [0064] 图 1a)-1b)示出了现有技术的三相径向机的例子。电轮转机包括定子组合件和转子。为了本描述的目的,带有上引号'的标号通常指第一相位的特征,带有"的标号通常指第二相位的相应特征,且带有"'的标号通常指第三相位的相应特征,而没有上引号的标号指所有相位的相应特征。示出了三个定子组合件 10'、10"、10"',每个定子组合件包括第一定子核心部 14、第二定子核心部 16、定子轭部 18 和线圈 20。示出了三个转子 12'、12"、12"',每个转子 12 包括永磁体 22 和极部 24。示出了在其上装有转子的轮轴 50。每个定子核心部 14 和 16 基本上是圆形的,且包括多个径向延伸的齿 26。齿被布置为向着转子 12 延伸,以与转子 12 形成封闭的磁路通量路径。
- [0065] 示出了每个相位部分,即,单个相位机,包括其自身的转子,即,每个相位部分完全对应于单个相位机。
- [0066] 图 1c)示出了根据现有技术的相位间的空间分离的例子。在图中,示出了每个相位的第一定子核心部 14'、14"、14"'。在该例子中的空间分离涉及一个相位的定子核心部的齿 26 相对于其他相位的定子核心部的齿在圆周上位移。
- [0067] 图 1d)中具有分离相位的定子设备的示意性例子示出了三个分离的相位,定子组合件 10' 的相位 1、定子组合件 10" 的相位 2 和定子组合件 10"' 的相位 3。
- [0068] 每个基本单元或相位单元包括单个线圈或核心 20、第一定子核心部 14、第二定子核心部 16 和定子轭部 18。该相位单元产生单向的脉冲转矩。
- [0069] 图 2 示出了三相分离相位调制极机(SPMPM)的横截面。相位 1 由 A 表示,即定子核心部 14' 和定子组合件 10',相位 2 由 B 表示,即定子核心部 14" 和定子组合件 10",且相位 3 由 C 表示,即定子核心部 14"' 和定子组合件 10"'。为每个相位单元示出第一定子核心部 14、第二定子核心部 16 和定子轭部 18。

[0070] 可看到转子 12, 以及位于转子和每个定子组合件 10'、10''、10''' 之间的气隙 30。可看到用于每个相位的磁通量 Ψ 路径, 即用于相位 A 的 Ψ_A 、用于相位 B 的 Ψ_B 和用于相位 C 的 Ψ_C 。也示出了气隙 30 的单独通量的值(+ 或 -)。

[0071] 图 3 示出了用于分离的相位单元的磁通相量图。相位单元的这种位移是 120° 。相位 1 的磁通量由 Ψ_A 表示, 相位 2 的磁通量由 Ψ_B 表示, 且相位 3 的磁通量由 Ψ_C 表示。

[0072] 图 4 示出了相位单元相位 A、相位 B 和相位 C 相对于转子极的位移的例子。转子极基准由穿过相位 A、相位 B 和相位 C 的虚线框 121 表示。示出了相位单元的齿 26 和线圈 20。如图 1b) 所示, 齿 26 是定子核心部的一部分。可看到相位单元之间 120° 的位移, 且其由数字 0° 、 120° 、 240° 和 360° 的位置指示。

[0073] 如图 1b) 中所示, 这些相位单元每个具有两组电枢齿 (armature teeth) 26, 其中第一定子核心部 14 包括一组齿而第二定子核心部 16 包括另一组齿。一个组从线圈 20 的左侧发出并且当用一定方向的电枢电流驱动时具有北极, 另一个组从线圈 20 的右侧发出并当用同样方向的电流驱动时具有南极。

[0074] 当使用多相位单元时, 它们被彼此轴向分离, 这意味着最左边单元的右侧的齿非常接近下一个相位单元的左侧的齿, 且对于具有面对的侧面的单元中的每个来说也这样。

[0075] 但是, 这种接近对于齿的角位移的最明显的选择来说不是有益的。

[0076] 图 5-9 示出了具有合并的相位的三相机, 其可被称为合并相位调制极机 (CPMPM)。

[0077] 如在图 5 和图 6 中所见, 合并相位机包括定子组合件 10, 且如在图 6 中所见, 还包括例如转子的移动设备 12。在图 5、6 和 8 中, 具有' 的标号指第一相位的特征, 具有'' 的标号指第二相位的特征, 且具有''' 的标号指第三相位的特征。

[0078] 图 5 示出了定子组合件 10 包括三个相位: 相位 1、相位 2 和相位 3。相位 1 和相位 3 可被指定为外围相, 且相位 2 可被指定为内部相位。每个相位包括单个线圈或核心 20, 其可被提供用于操作的不同电压, 例如, 正弦波或方波。每个相位还包括第一定子核心部 14 和第二定子核心部 16。如在图中看到的, 相位 2 的第一定子核心部 14'' 和相位 1 的第二定子核心部 16' 被形成为单个单元。类似地, 相位 3 的第一定子核心部 14''' 且相位 2 的第二定子核心部 16'' 被形成为单个单元。而且, 相位 1 的第一定子核心部 14' 是单个单元, 其不被任何其他相位共享, 且类似地, 相位 3 的第二定子核心部 16''' 是单个单元。因此有四个单个单元, 其中两个单个单元在两个不同相位间共享。

[0079] 定子组合件 10 包括定子轭部 18, 其对所有的相位来说是共用的且由其共享。定子轭部被布置为提供定子核心部之间的磁通路径, 由此担当通量桥。用于定子轭部的材料可以是软磁粉末, 以有助于定子的组装并提供第一和第二定子核心部之间相对较低的磁阻转变 (reluctance transition)。

[0080] 未在图 5 中未示出移动设备, 但是移动设备可被配置为布置在图的顶部, 这样移动设备接近线圈 20。

[0081] 图 6 示出了三相组合相位调制极机 (CPMPM) 的横截面。定子组合件 10 包括由 A 表示的相位 1、由 B 表示的相位 2 和由 C 表示的相位 3。为每个相位单元示出第一定子核心部 14 和第二定子核心部 16。定子轭部 18 由三个相位共享且对其来说是共用的。

[0082] 示出了可以是转子或动子的移动设备 12, 且移动设备包括永磁体部和极部 (未示出), 其可由软磁材料制成。极部被安排在永磁体之间, 由此将永磁体彼此分离。更多关于

极部、永磁体和通量的描述,请见 W02007/024184。

[0083] 如果移动设备 12 是转子,则转子 12 可被布置在轮轴或轴(未示出)上,且被放置在定子组合件 10 的中心,或者如果转子是外转子类型,则其围绕定子组合件。如果移动设备 12 是动子,则该设备可以是平的线性设备,其不像转子那样具有任何内部或外部,而是,动子仅上下或左右移动。

[0084] 图 6 也示出了共用的定子组合件 10 和移动设备 12 之间的气隙 30。

[0085] 例如转子的移动设备 12 被安排为与所有三个相位部分交互,即,转子可在轴向延伸以便与所有三个相位部分交互。电机可包括径向相位部分或轴向相位部分或其组合。

[0086] 如图 8 所示,每个定子核心部 14'、16'、14''、16''、14''' 和 16''' 基本上是圆形的,且包括多个径向延伸的齿。齿被布置为向着移动设备 12 例如转子延伸,以与转子 12 形成封闭的磁路通量路径。齿可向着内转子向内延伸,或者转子可被布置为在定子核心部 14、16 的外部,这样齿应被布置为径向地向外延伸。

[0087] 可看到用于每个相位的磁通量 Ψ 路径, Ψ_A 用于相位 A, Ψ_B 用于相位 B 且 Ψ_C 用于相位 C。也示出了在气隙 30 处的合并的通量的值。

[0088] 第一 14 和第二 16 定子核心部可被互相轴向位移,且其可绕着共用的轴被布置。每个线圈 20 可被布置在第一 14 和第二 16 定子核心部之间。像这样布置线圈 20 的优势在于,每个极都可看到所有的 MMF(磁动势),由此导致了对于给定的尺寸和 / 或成本的较高的电负荷和较高的输出。定子轭部 18 可被布置为与第一 14 和第二 16 定子核心部同心。定子轭部 18 基本上具有在轴向对应于第一 14 和第二 16 定子核心部和线圈 20 的组合件的宽度,以便被布置为第一 14 和第二 16 定子核心部之间的通量桥。通过利用软磁粉末制作定子轭部 18,从第一 14 和第二 16 定子核心部到定子轭部 18 的三相通量路径的效率相对于其中定子轭部由薄片制成的实施例而增加。而且,第一 14 和第二 16 定子核心部中的一个可以相对于第一 14 和第二 16 定子核心部的另一个旋转地位移。从图 8 可见,该位移导致了第一 14 和第二 16 定子核心部中的一个的齿被放置在与第一 14 和第二 16 定子核心部中的另一个的齿的圆周位置不同的圆周位置。第一 14 和第二 16 定子核心部中的一个的每一个齿可在圆周方向上被放置在第一 14 和第二 16 定子核心部中的另一个的两个齿之间的空隙中间。

[0089] 将第一 14 和第二 16 定子核心部中的一个的齿相对于另一个定子核心部的齿位移的概念是有益的,以有效利用移动设备的上述和最有效的设计。

[0090] 图 8 示出了合并的相位单元(相位 A、相位 B 和相位 C)相对于移动设备极例如转子极的位移。转子极基准 121 由穿过相位 A、相位 B 和相位 C 的虚线框表示。示出了每个相位单元的线圈 20。每个相位 A、B、C 包括第一定子核心部(未示出)和第二定子核心部(未示出),且定子核心部包括齿。如图 5 所示,对应于此处的相位 B 的相位 2 的第一定子核心部 14'' 和对应于此处的相位 A 的相位 1 的第二定子核心部 16' 被形成为单个单元。因此齿 27 被相位 A 和相位 B 共享。类似地,对应于此处的相位 C 的相位 3 的第一定子核心部 14''' 和对应于此处的相位 B 的相位 2 的第二定子核心部 16'' 被形成为单个单元,且由此齿 28 被相位 B 和 C 共享。而且,对应于此处的相位 A 的相位 1 的第一定子核心部 14' 是单个单元,且齿 26' 不会被两个相位共享。类似地,对应于此处的相位 C 的相位 3 的第二定子核心部 16''' 是单个单元,且齿 26''' 不会被两个相位共享。因此,有四个单个单元,其中两个单个单

元的每个被两个不同的相位共享,其中每组齿 27 和 28 被两个不同的相位共享。

[0091] 可看到相位间的位移,并分别用数字 0° 、 150° 、 270° and 60° 表示,其将在以下被更详细地示出。

[0092] 因此,可使用单组的齿来共享连续的相位,而不是使用单独的相位单元。每组齿的合适方向选择可提供显著的益处。如果,例如,提供具有轴向布置的三个线圈的三相机,这给出了 4 组齿,在每一端有一组,且一组位于相位 1 和 2 之间,另一组位于相位 2 和 3 之间,见图 8。角度选择不是凭直觉的,而是对于从一端到另一端的四个齿组中的每一个,应接近于 0° 、 150° 、 270° 和 60° 。

[0093] 根据一些实施例,中间的齿组与端部的齿组具有不同的轴向宽度,见图 8,这提供了轴向宽度的微调以获得三个相位之间一组真正平衡的磁链(flux linkage)和转矩。

[0094] 在图 9 中示出了具有合并的相位的三相旋转机的结构。

[0095] 图 9 示出定子设备 10 和转子形式的移动设备 12。具有 ' 的标号指第一相位的特征,具有 " 的标号指第二相位的特征,且具有 " ' 的标号指第三相位的特征。定子设备 10 包括三个相位,其中每个相位包括线圈 20、第一定子核心部 14 和第二定子核心部 16。示出了一个转子 12,其围绕着定子设备 10。转子 12 包括沿着整个定子设备 10 延伸的永磁体 22 和极部 24。可提供其上装有定子的轮轴(未示出)。每个定子核心部 14、16 基本上是圆形的,且包括定子核心后部 29 和多个径向延伸的齿,其从定子核心后部延伸。齿被布置为向着转子 12 向外延伸,以与转子 12 形成封闭的磁路通量路径。定子核心后部 29 在圆周方向连接到齿。定子核心部还包括轭部 23,其从定子核心后部 29 轴向地向着邻近的定子核心部延伸,以提供轴向通量桥。

[0096] 相位 1 的第二定子核心部 16' 和相位 2 的第一定子核心部 14" 被布置为一个单元,即,合并的定子核心部,由此相位 1 和相位 2 共享定子核心部。因此,合并相位单元的齿 27 被布置为在相位 1 和相位 2 之间共享,由此相位 2 的第一定子核心部 14" 的齿组和相位 1 的第二定子核心部 16' 的齿组形成为一个单元。

[0097] 合并的相位单元的齿 28 被布置为在相位 2 和相位 3 之间共享,由此相位 3 的第一定子核心部 14"' 的齿组和相位 2 的第二定子核心部 16" 的齿组被形成为一个单元。

[0098] 在定子设备 10 的每端的齿 26 不在两个相位间共享,且因此齿 26' 仅属于相位 1 而齿 26"' 仅属于相位 3。而且,外围相位 1 和 3 的齿 26' 和 26"' 定义了定子的活动气隙区域的轴向范围,该气隙区域分别在齿 26' 和 26"' 的外围边缘间轴向延伸。永磁体 22 和极部 24 跨整个活动气隙区域而轴向延伸,即,位于面向转子的齿 26' 和 26"' 的表面的轴向外部边缘之间。

[0099] 在图 10a) 中示出了具有合并相位的三相线性移动机的结构的例子。图 10b) 示出了线性移动机。

[0100] 图 10a) 示出了定子设备 10 和动子形式的移动设备 12,所述动子适于线性地或是沿着定子设备横向移动。具有 ' 的标号指第一相位的特征,具有 " 的标号指第二相位的特征,且具有 "' 的标号指第三相位的特征。定子设备 10 包括三个相位,其中每个相位包括线圈 20、第一定子核心部 14 和第二定子核心部 16。动子 12 包括沿着整个定子设备延伸的永磁体 22 和极部 24。每个定子核心部 14、16 基本上是线性形状的,且包括多个线性延伸的齿。齿被布置为向着动子 12 延伸,以与动子 12 形成封闭的磁路通量路径。

[0101] 相位 1 的第二定子核心部 16' 和相位 2 的第一定子核心部 14'' 被布置为一个单元, 即, 合并的定子核心单元, 由此相位 1 和相位 2 共享一个定子核心部。因此, 合并的相位单元的齿 27 被布置为在相位 1 和相位 2 之间共享, 由此相位 2 的第一定子核心部 14'' 的齿组和相位 1 的第二定子核心部 16' 的齿组被形成为一个单元。

[0102] 合并的相位单元的齿 28 被布置为在相位 2 和 3 之间共享, 由此相位 3 的第一定子部 14''' 的齿组和相位 2 的第二定子核心部 16'' 的齿组被形成为一个单元。

[0103] 定子设备 10 的两端的每个处的齿组 26 不被两个相位共享, 因此齿 26 仅属于相位 1 而齿 26''' 仅属于相位 3。

[0104] 在图 10b) 中, 所有的三个相位被分离, 且由此第一 14 和第二 16 定子核心部没有在任何相位之间共享。因此, 在图 10b) 的机器中仅有单独的齿 26 的组, 即, 齿仅属于一个相位。

[0105] 在图 11 中示出了具有合并的相位和半爪极的三相机的结构的例子。

[0106] 图 11a) 和 11b) 示出了定子设备 10 和移动设备 12。在图 11a) 中, 移动设备 12 是转子, 其被示出包围定子设备 10, 且在图 11b) 中, 移动设备 12 是适于沿着定子设备线性或横向移动的动子。具有' 的标号指第一相位的特征, 具有'' 的标号指第二相位的特征, 且具有''' 的标号指第三相位的特征。定子设备 10 包括三个相位, 其中每个相位包括线圈 20、第一定子核心部 14 和第二定子核心部 16。移动设备 12 包括永磁体 22 和沿着整个定子设备 10 延伸的极部 24。每个定子核心部 14、16 包括多个延伸的齿。齿被布置为向着移动设备 12 延伸, 以与移动设备 12 形成封闭的磁路通量路径。

[0107] 相位 1 的第二定子核心部 16' 和相位 2 的第一定子核心部 14'' 被布置为一个单元, 即, 合并的定子核心部, 由此相位 1 和相位 2 共享定子核心部。因此, 合并相位的齿 27 被布置为在相位 1 和相位 2 之间共享, 由此相位 2 的第一定子部 14'' 的齿组和相位 1 的第二定子核心部 16' 的齿组被形成为一个单元。

[0108] 合并的相位单元的齿组 28 被布置为在相位 2 和相位 3 之间共享, 由此相位 3 的第一定子核心部 14''' 的齿组和相位 2 的第二定子核心部 16'' 的齿组被形成为一个单元。

[0109] 在定子设备 10 的每端的齿组 26 不被两个相位共享, 且由此齿组 26' 仅属于相位 1 而齿 26''' 仅属于相位 3。

[0110] 而且, 图 11a) 和 11b) 的合并的相位机包括半爪极 40, 其是与线圈 20 重叠的、齿组 26'、27、28 和 26''' 的齿的短延伸。半爪极是短的、小的或微小的爪极, 即, 没有沿着相位的整个轴向宽度延伸而仅沿着轴向宽度的一小部分延伸的爪极, 由此避免或降低了磁泄露。图 11a) 和 11b) 示出了半爪极 40 被布置为与齿集成。每个都被两个相位共享的齿组 27 和 28 包括在齿的两端(即, 接近线圈 20) 的半爪极, 而不被两个相位共享而仅属于一个相位的齿组 26' 和 26''' 仅包括位于与相应线圈 20' 和 20''' 邻近的齿的末端的半爪极。

[0111] 当使用相同的磁体、相同的定子磁动力、相同的孔和相同的气隙宽度时, 可实现与现有技术相比增加 30% 的转矩。

[0112] 当使用多个被机械地和电地在角位置中位移的相位单元而不是使用仅一个相位时, 可创建更大和更平滑的转矩。例如, 三相机可具有这样的多个相位单元, 其被机械地位移一对极的节距的 1/3, 或者 120 度的电角度并且相电流在时间上被相同的角度隔开, 同时使用穿过或绕着三个定子延伸的单个移动设备结构, 例如, 转子结构。

[0113] 使用均在圆周位置上排列但被提供有在时间上以 120 度分开的电流的三个定子单元可获得类似效果,所述定子单元与例如转子部分的三个移动设备部分结合发挥作用,每个移动设备部分用于每个在圆周上被位移 120 度的相位。

[0114] 如所述,现有技术的分离的三相调制极机具有三个相位,在每个相位间具有 120° 的位移,如图 3 所示。每个相位包括被位移 180° 的两组齿,从而形成一组南极和一组北极。三相机包括六组齿(分成三对)加上三个线圈。每个相位通过较小的距离或气隙从相邻的相位分离,见图 2,以保证相位间最小的磁耦合。

[0115] 当相位被合并而不是被分离时,如图 5、6 和 8 所示,相邻的齿现在具有共享的通量路径,如图 6 所示。合并的相邻齿可导致机器具有四组齿和三个线圈,见图 8,且具有伸展于机器的全部轴向宽度的共用的移动设备,例如转子。

[0116] 每组齿组应被放置在一定角度,并收集一定数量的通量以保证平衡的三相操作,其中每个线圈连接同等幅度的通量且分别位于 0°、120° 和 240° 的相位角,见图 7。

[0117] 为了计算产生平衡的三相线圈通量组的条件,用以下假设来分析合并的相位调制极机:

[0118] - 气隙通量密度在轴向上是恒定的,而在圆周方向上是正弦变化的;

[0119] - 进入到齿的通量, $\Psi = ba$, 其中 b 是气隙通量密度而 a 是齿的气隙表面积;

[0120] - 齿的角位置(圆周地)确定了进入到齿的通量的相位角;

[0121] - 在轴向穿过直接在线圈上面的核心后部的通量等于连接线圈的通量。

[0122] 以下参考图 3 和图 7 的相量图。

[0123] 平衡的三相机具有以下的线圈磁链:

$$[0124] \quad \Psi_A = |\Psi| \angle 0^\circ$$

$$[0125] \quad \Psi_B = |\Psi| \angle 120^\circ$$

$$[0126] \quad \Psi_C = |\Psi| \angle 240^\circ$$

[0127] 齿在轴向方向被标号为 1、2、3、4, 计算进入每个齿的通量总和:

$$[0128] \quad \Psi_1 = \Psi_A$$

$$[0129] \quad \Psi_2 = \Psi_B - \Psi_A$$

$$[0130] \quad \Psi_3 = \Psi_C - \Psi_B$$

$$[0131] \quad \Psi_4 = -\Psi_C$$

[0132] 将齿通量与所要求的平衡三线圈通量关联,如图 7 的相量图所示,导致了以下的齿通量:

$$[0133] \quad \Psi_1 = |\Psi| \angle 0^\circ$$

$$[0134]$$

$$\Psi_2 = |\sqrt{3}\Psi| \angle 150^\circ$$

$$[0135]$$

$$\Psi_3 = |\sqrt{3}\Psi| \angle 270^\circ$$

$$[0136] \quad \Psi_4 = |\Psi| \angle 60^\circ$$

[0137] 因此,对于平衡的三相机来说,齿(1、2、3、4)可被放置在 0°、150°、270°、60° 的相位角,其中 360° 的相位角对应于相邻齿之间的圆周节距距离。因此,齿相对于齿组中

的一个的角度位移是 $0^\circ/N$ 、 $150^\circ/N$ 、 $270^\circ/N$ 、 $60^\circ/N$ ，其中 N 是每个齿组中齿的数量。而且，当各个齿组中的齿的相对轴向宽度分别是 1 、 $\sqrt{3}$ 、 $\sqrt{3}$ 和 1 时，可确保正确的表面面积。因此，在两个相邻相位间共享的内部齿比不在相位间共享而仅属于单个相位的外围齿要宽 $\sqrt{3}$ 倍。

[0138] 图 7 示出了用于合并相位的磁通相量图，其中分别示出了角度，以及 1 个单位、 $\sqrt{3}$ 个单位、 $\sqrt{3}$ 单位和 1 个单位的轴向宽度。也可看到合并相位的磁通量。

[0139] 图 12 示出了定子设备和移动设备中通量路径的例子。调制极机具有三维 (3D) 通量路径，其使用在定子和例如转子的移动设备两者中“轴向”横贯方向的磁通路径。

[0140] 在图 12 中，从相对于定子设备 10 径向向外位置观察例如转子的移动设备 12，定子设备的三个齿 26 被画出轮廓。示出了移动设备 / 定子设备的轴向 304 和切线 305 方向。移动设备中的若干永磁体 22 被示出为其间有极部 24 的阴影区域。在该草图中，定子齿 26 处于与极部 24 正好面对的位置，从而产生主要的磁通路径 300，如粗线所示。如图所示，通过永磁体 22 的通量方向主要是二维的，而通过极部 24 的通量是三维的。而且，磁通量主要是集中在两个相邻极部之间的每个永磁体的中心区域 301。移动设备 12 的这种设计由此实现了来自永磁体的通量集中，这样移动设备 12 面向定子齿 26 的表面可向齿表面呈现来自两个相邻永磁体的全部磁通量。通量集中可视为面向每个极部的永磁体的面积除以面向齿的面积函数。每个极部的这些通量集中特点使得有可能使用较弱和低成本的永磁体作为移动设备中的永磁体，且使得可能达到非常高的气隙通量密度。通过由软磁粉末制成极部从而使得产生如所示出的有效的三维通量路径，可有助于通量集中。

[0141] 即使没有在图 12 中示出，在定子设备中有相应的三维通量路径。

[0142] 同样在图 8 中可见，三维通量路径包括移动设备 12 的轴向或横向的通量路径，其中通量路径与运动方向是横向的。当使用合并的相位定子时，定子设备和移动设备中的三维通量路径特别合适。

[0143] 径向机或轴相机或轴相机和径向机的组合都是可能的。

[0144] 在轴向通量版本的情况下，面向气隙的齿区域可与线圈或绕组形成同心行，线圈或绕组在这些行之间。这样可设计三相版本，其具有三个单独的组，每个组包括齿和线圈或绕组的两个同心行，线圈或绕组离最近的相位的距离被设置为避免磁耦合。因此，轴向、合并的相位布置可以与用于轴向气隙通量版本相同的方式结合两个相邻或邻近的齿行 (例如见图 8)。

[0145] 通常，此处描述的定子结构可由软磁粉末制作，所述软磁粉末例如为，一种基本上纯净水雾化的铁粉或者具有不规则形状的颗粒的海绵铁粉，其被涂有电器绝缘层。在本上下文中，术语“基本上纯净”指粉末应基本上没有夹杂物，且杂质 O、C 和 N 的量应保持在最低。平均颗粒尺寸通常低于 $300\ \mu\text{m}$ 且大于 $10\ \mu\text{m}$ 。

[0146] 但是，可使用任何软磁金属粉末或金属合金粉末，只要有足够的软磁特性且粉末适于模压 (die compaction)。

[0147] 粉末颗粒的电绝缘可由无机非金属材料制成。特别合适的是在 US6348265 (其作为参考结合于此) 中公开的绝缘类型，其涉及包括基本上纯的铁的基粉的颗粒，所述铁具有绝缘的含氧和含磷的屏障。具有绝缘颗粒的粉末可从瑞典哈格纳斯公司作为

Somaloy®500、Somaloy®550 或 Somaloy®700 获得。

[0148] 尽管已详细描述并示出了一些实施例,本发明不限于这些,而是也可在所附权利要求中定义的主题的范围内以其他方式被实施。特别地,将理解可利用其他实施例并可做出结构上和功能上的修改,而不脱离本发明的范围。

[0149] 在列举了若干装置的装置权利要求中,这些装置中的若干可被同一项硬件实施。在互相不同的从属权利要求中记载或在不同的实施例中描述某些措施这一事实并不指示不能有利地使用这些措施的组合。

[0150] 应强调,当在本说明书中使用术语“包括/包含”时,意在指定所述的特征、整体、步骤或组件的存在,但不排除一个或多个其他特征、整体、步骤、组件及其组合的存在。

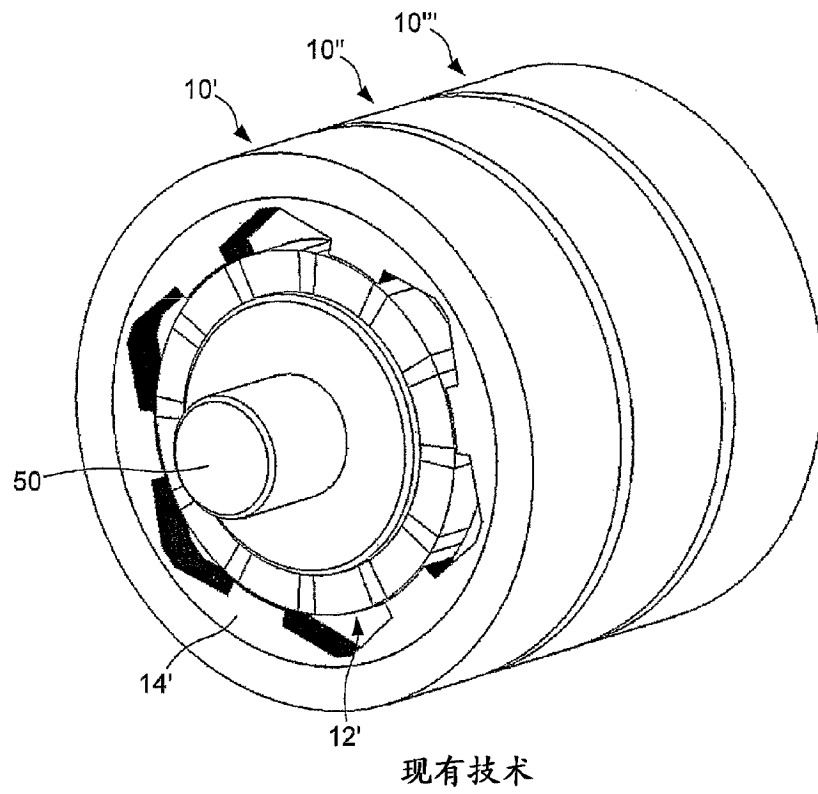
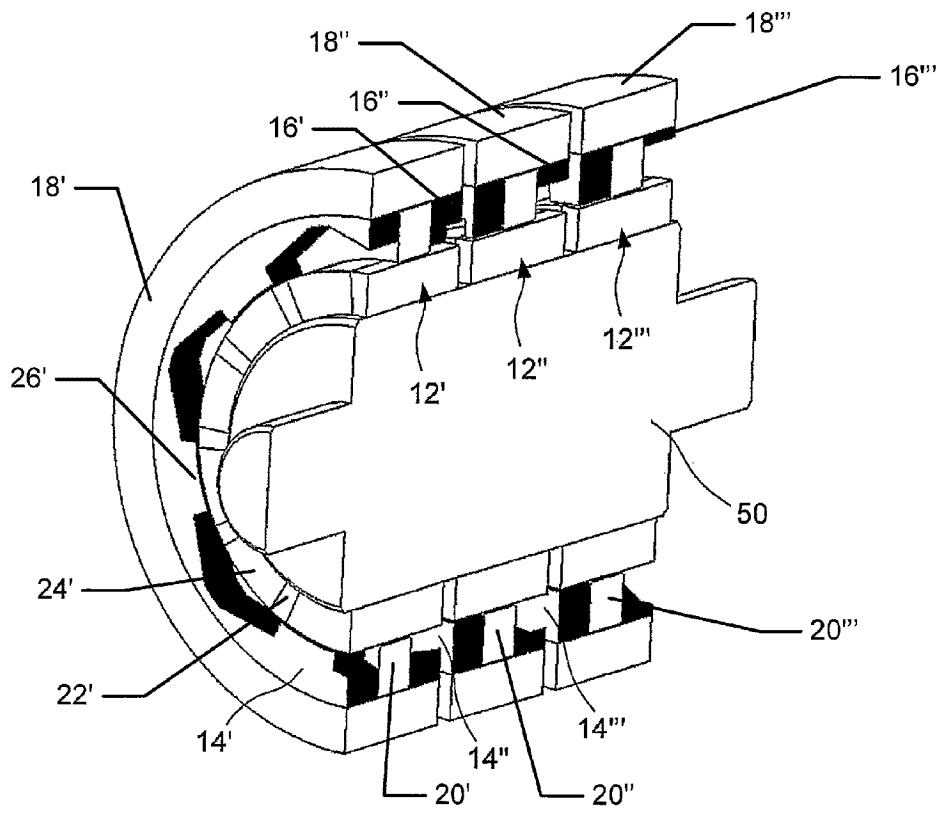
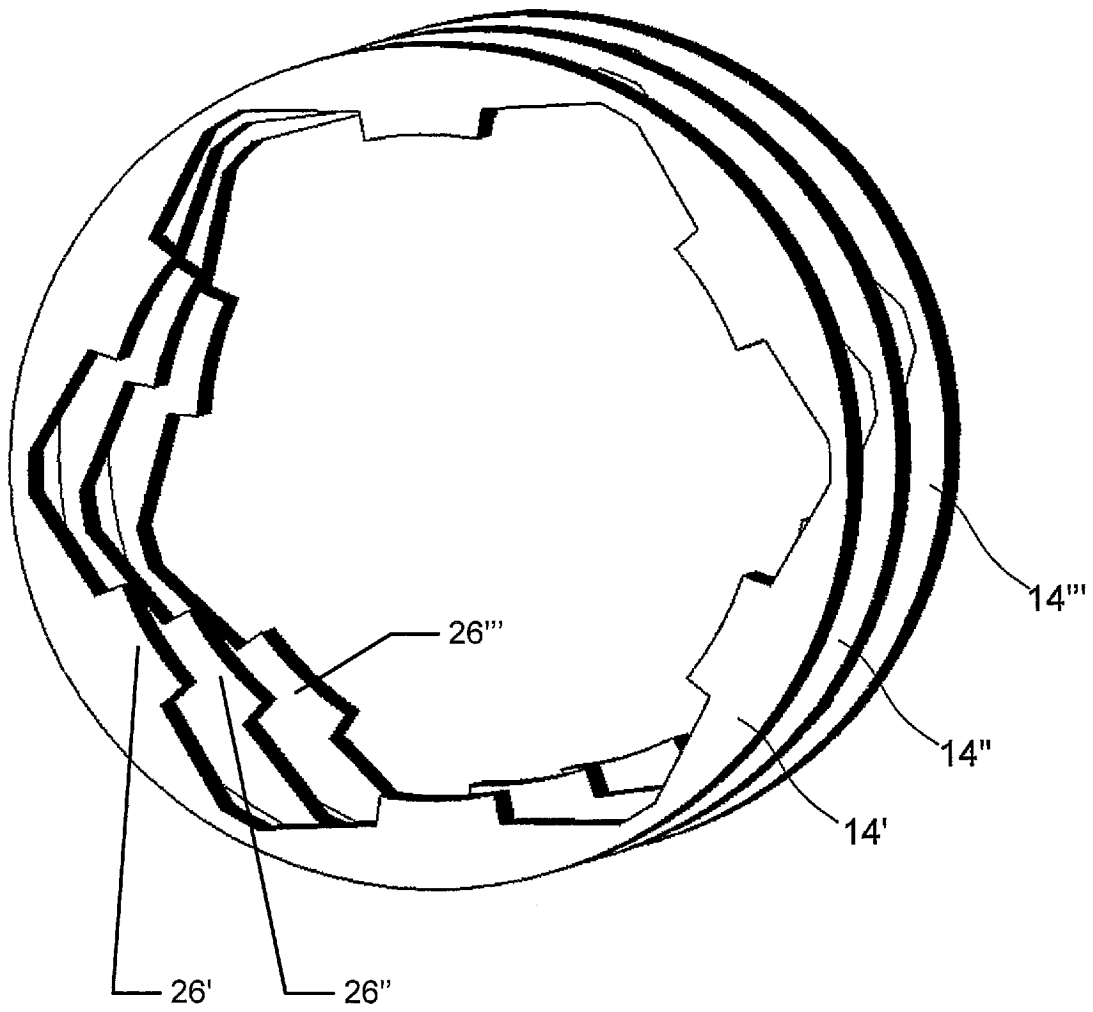


图 1a)



现有技术

图 1b)



现有技术

图 1c)

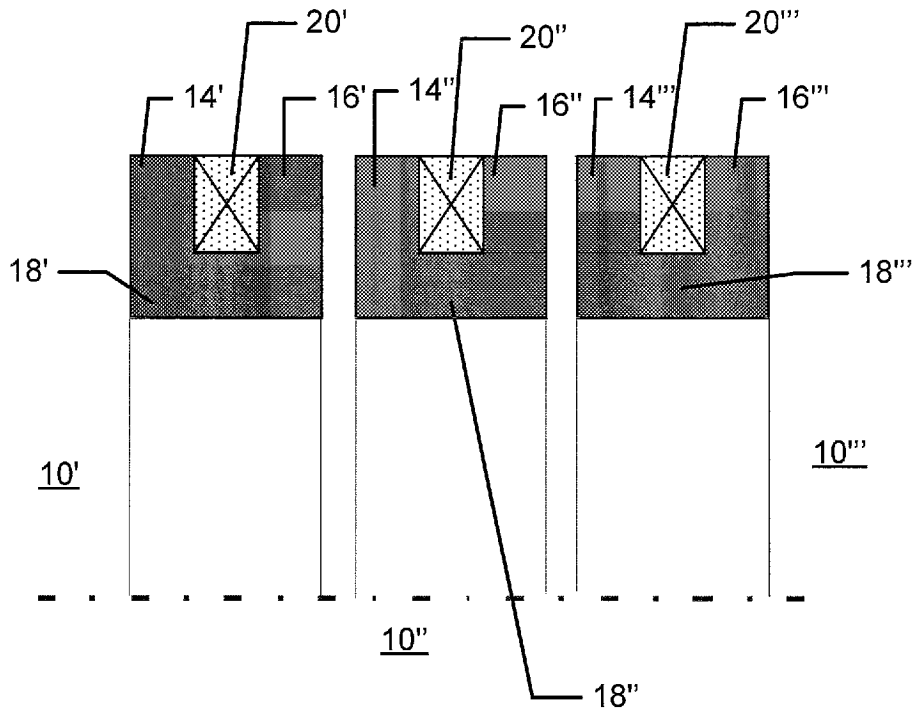


图 1d)

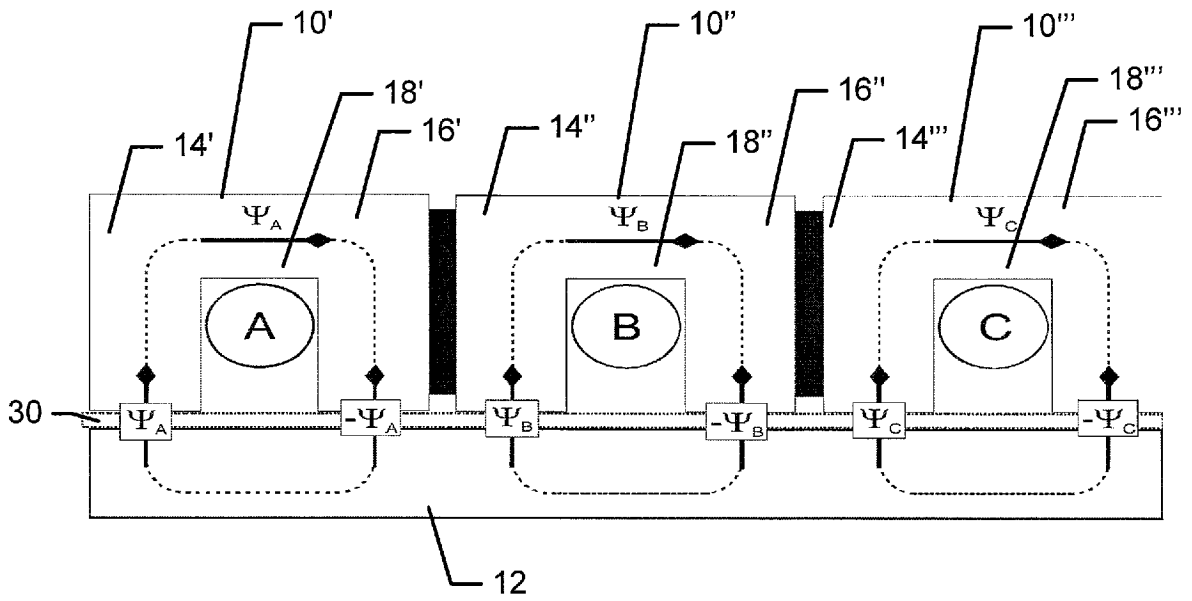


图 2

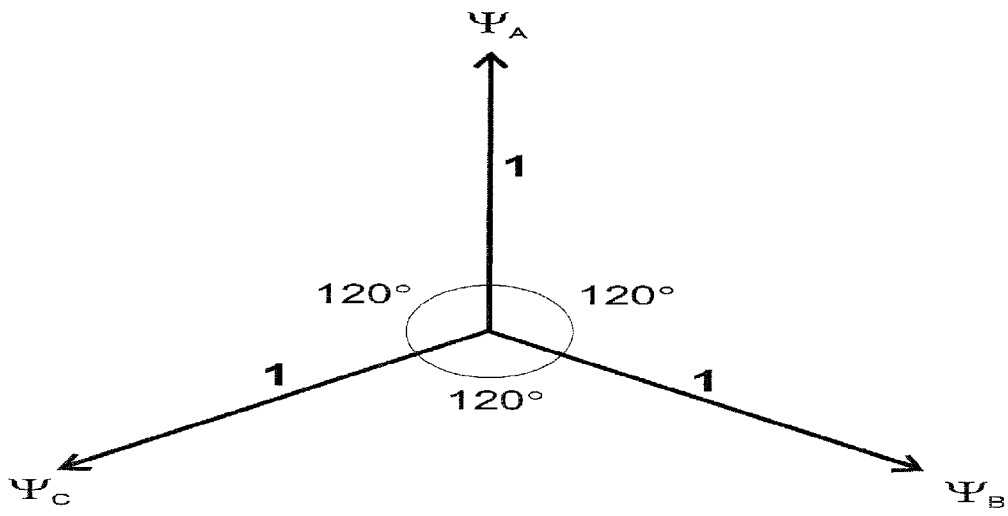


图 3

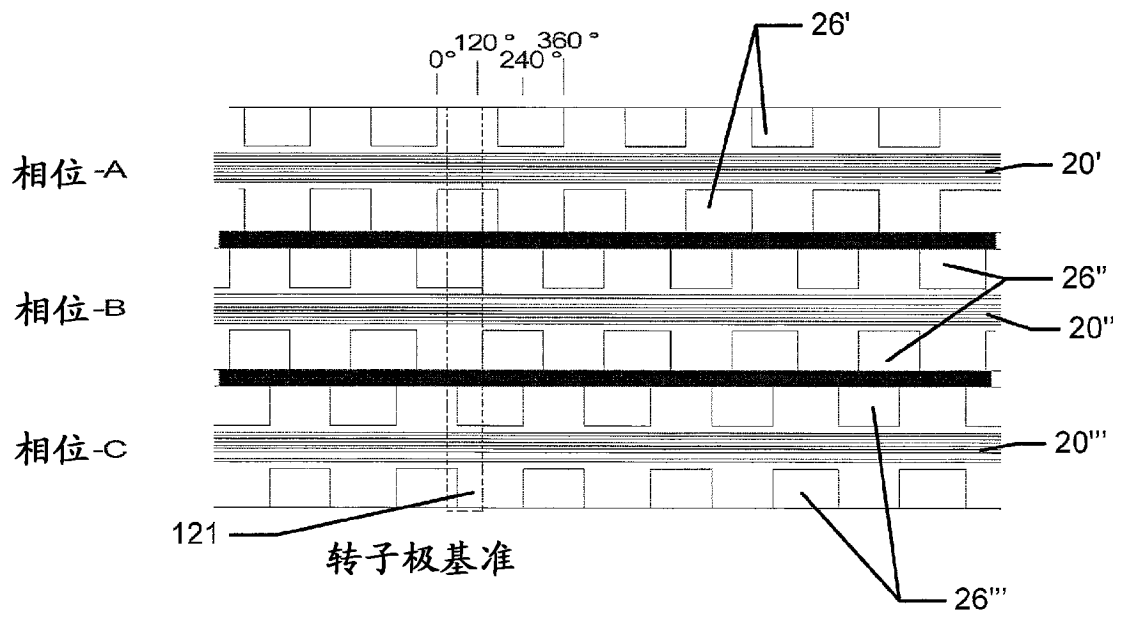


图 4

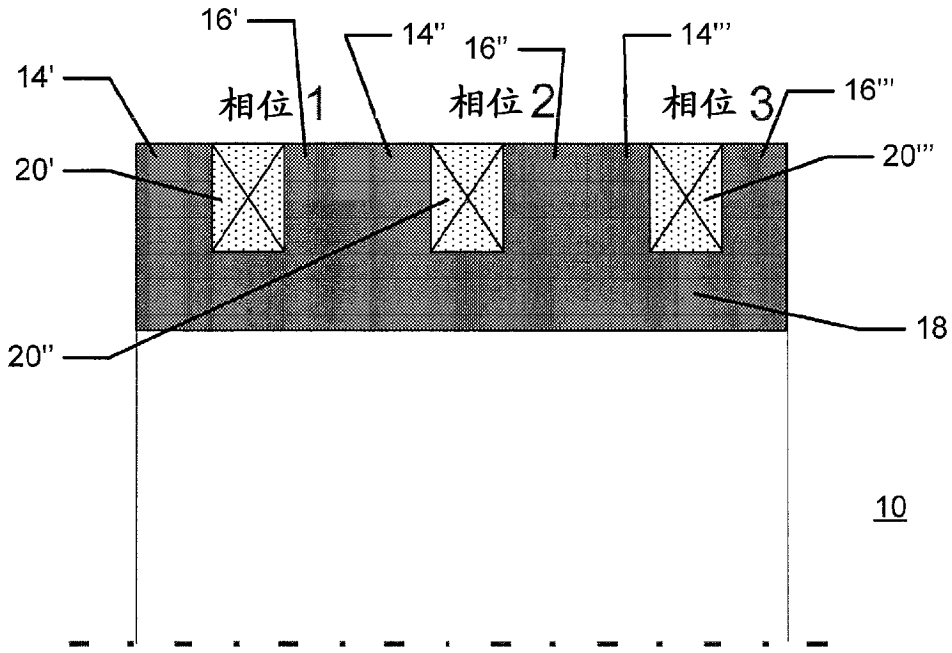


图 5

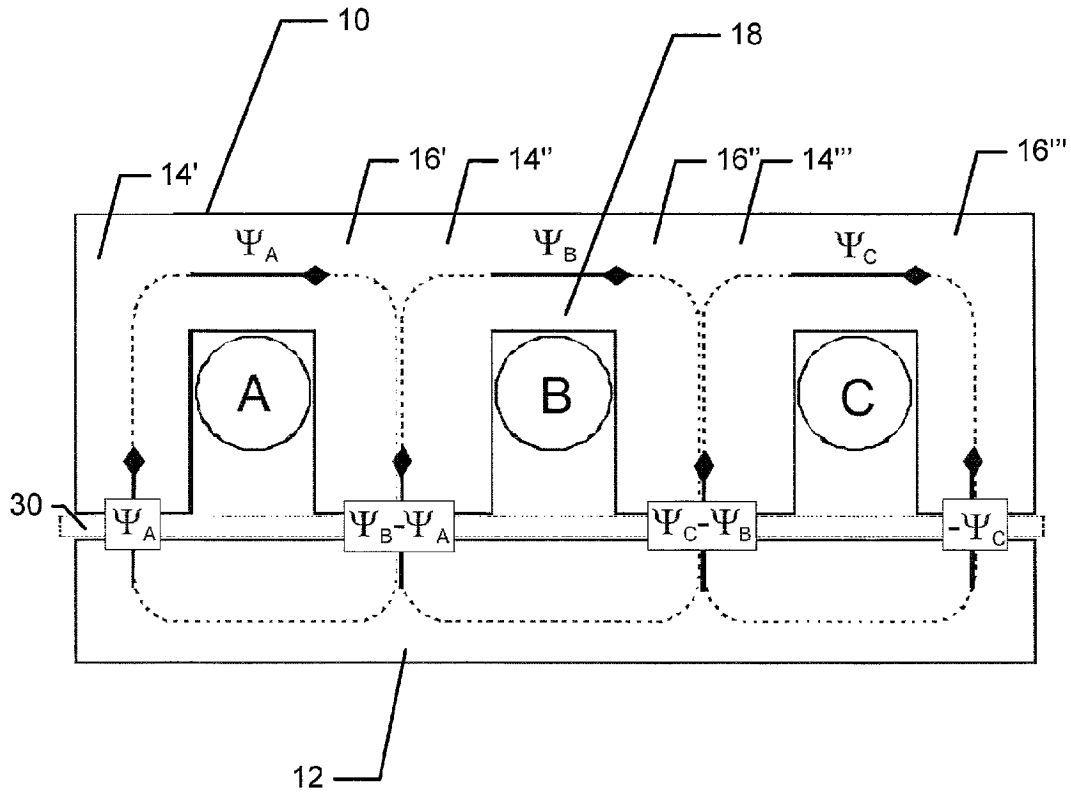


图 6

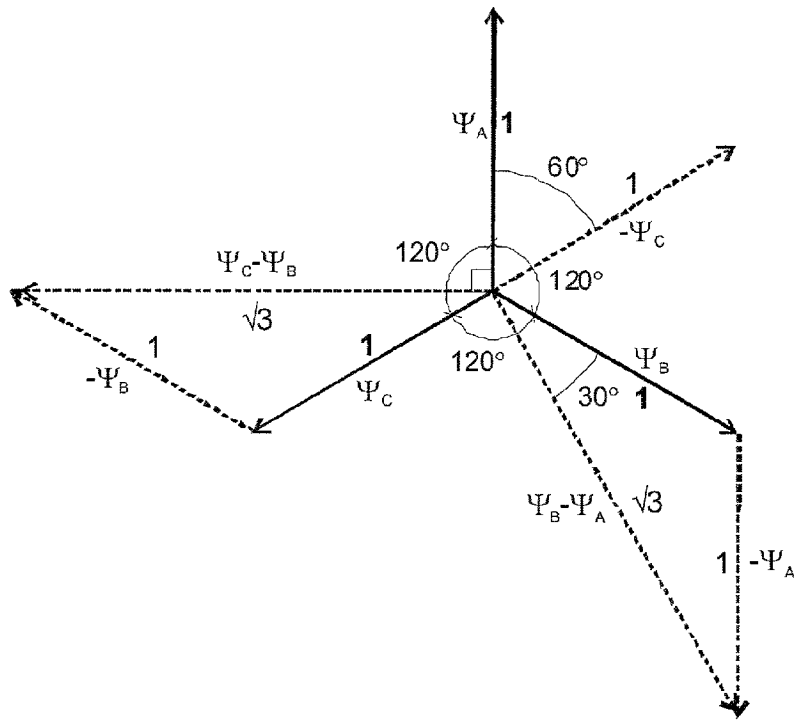


图 7

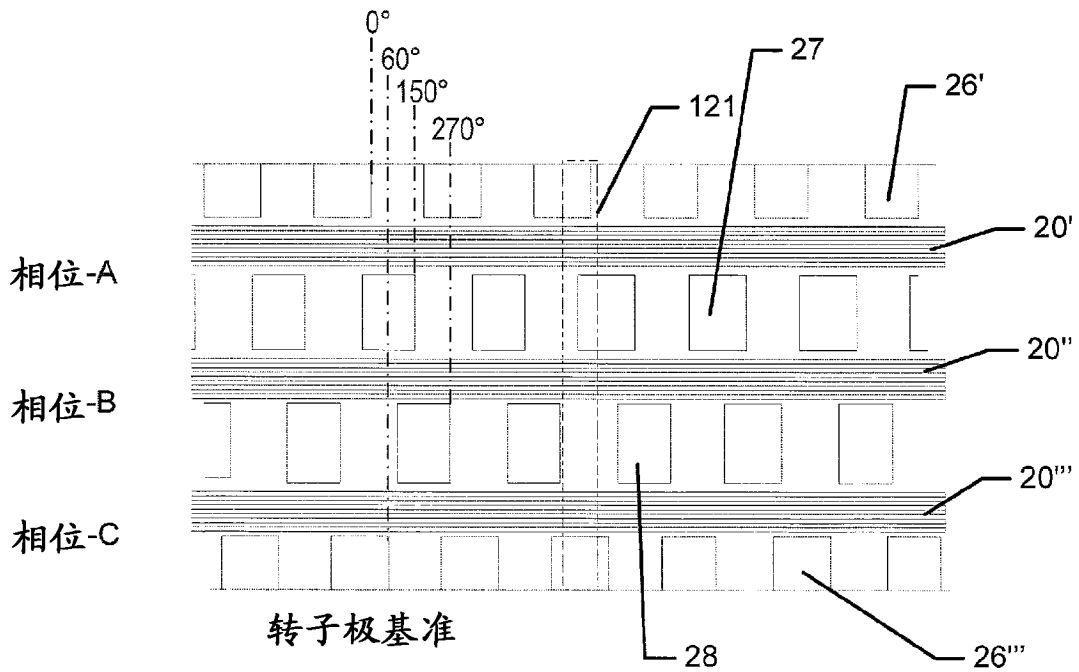


图 8

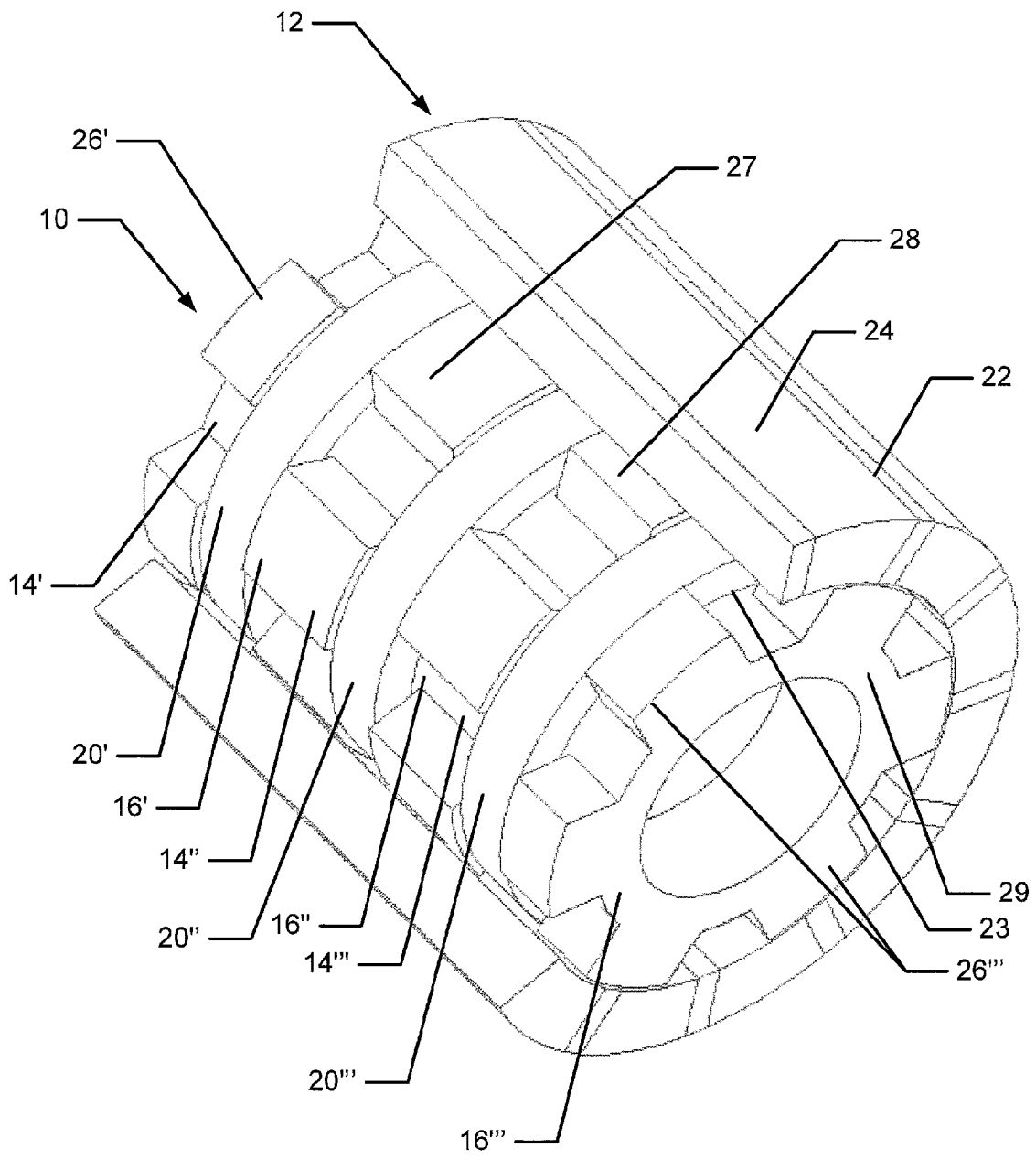
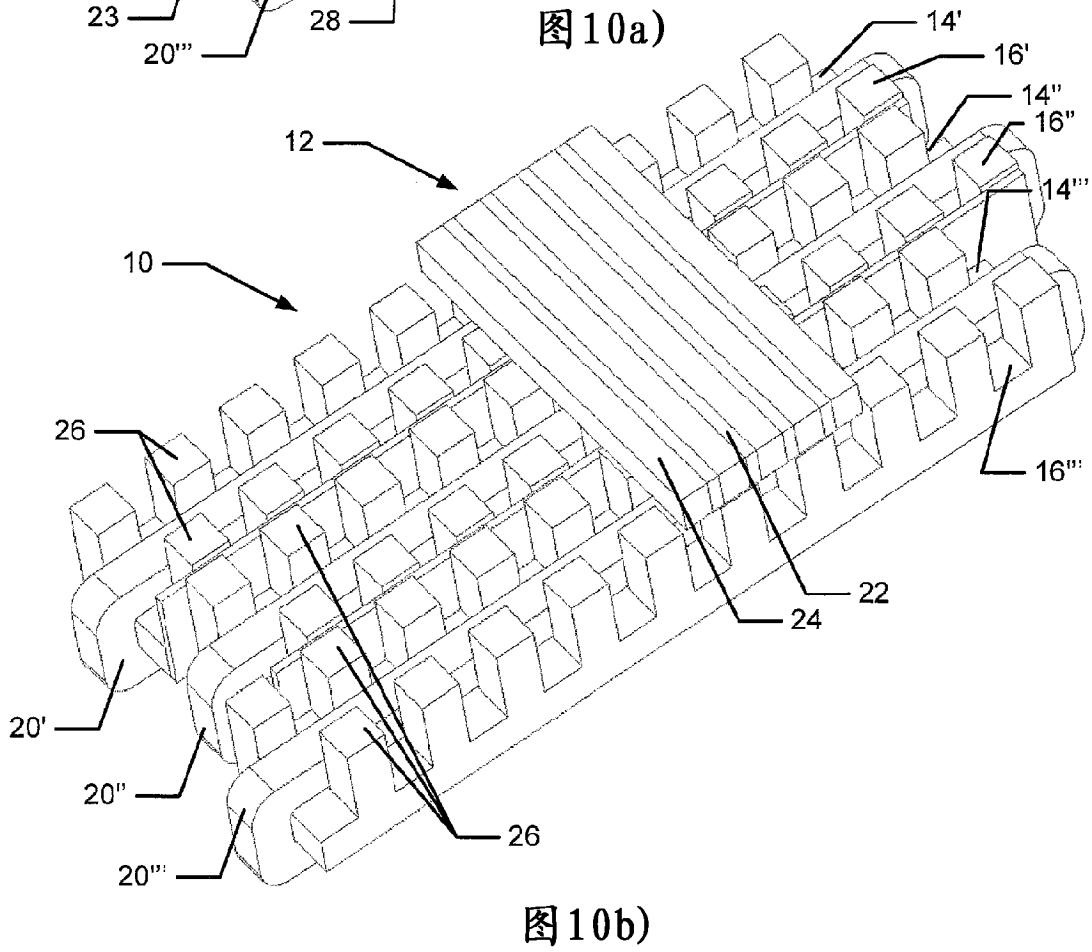
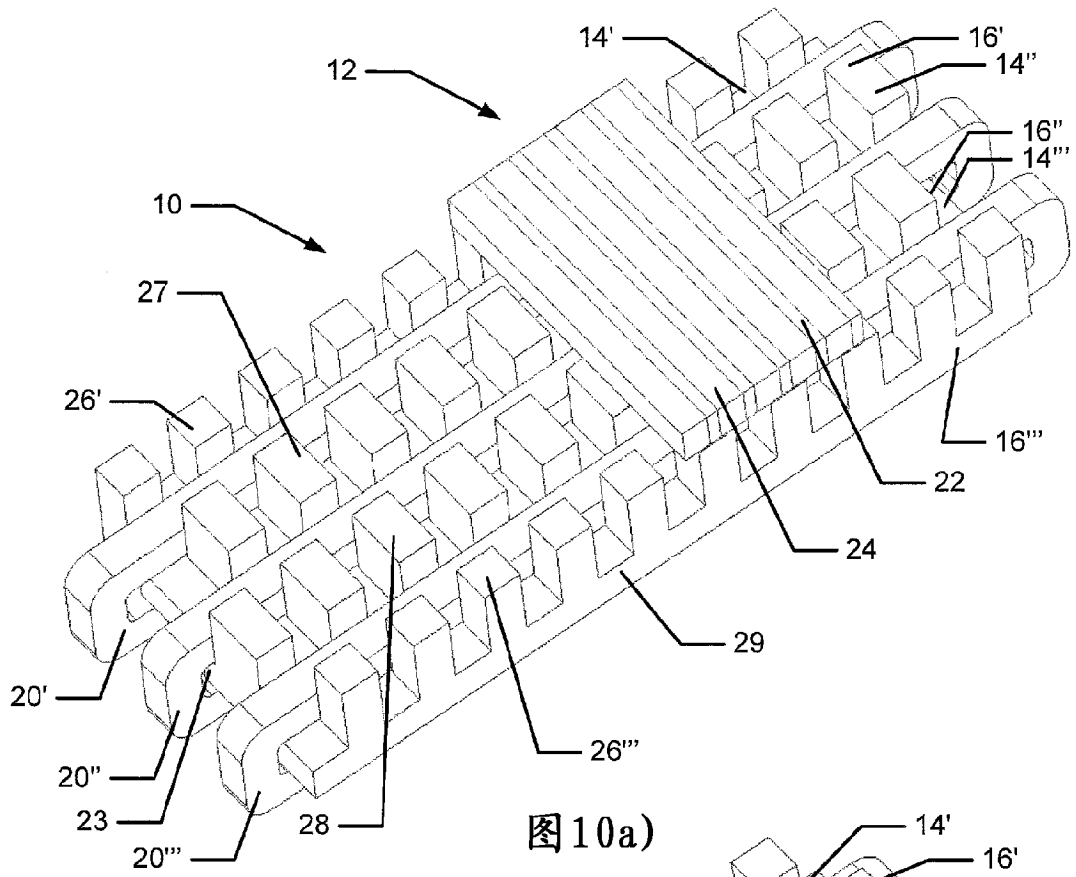


图 9



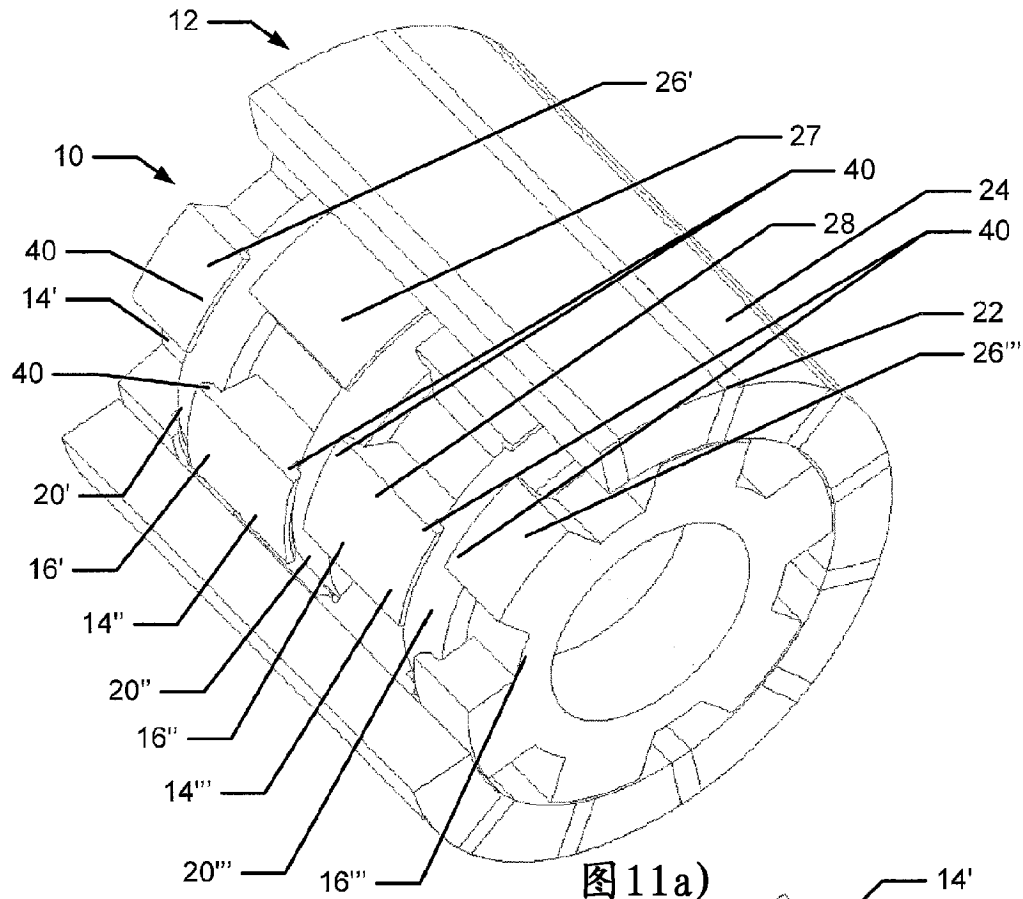


图 11a)

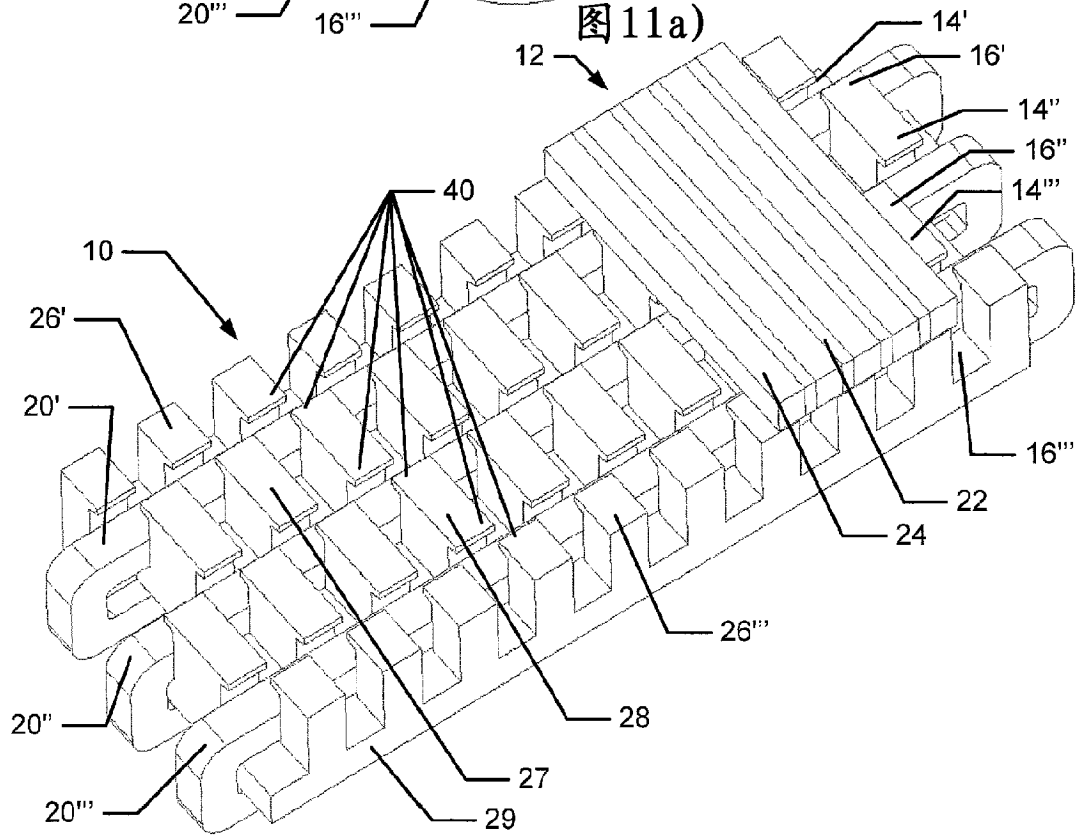


图 11b)

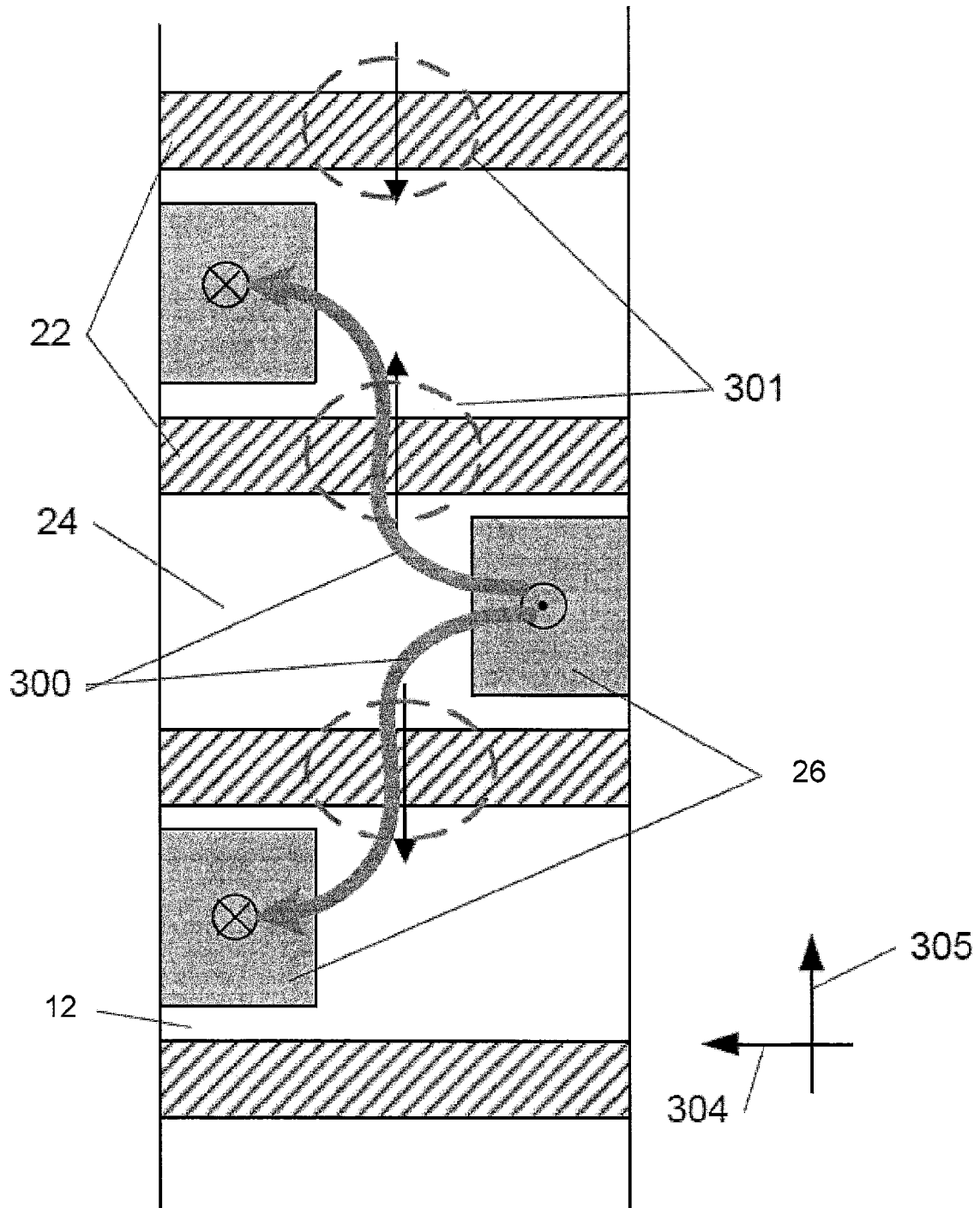


图 12