



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103946932 B

(45)授权公告日 2016.10.12

(21)申请号 201280054289.4

(72)发明人 杰里米·海恩

(22)申请日 2012.07.12

马丁·马施纳冯海姆里奇

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 103946932 A

(74)专利代理机构 北京安信方达知识产权代理
有限公司 11262

(43)申请公布日 2014.07.23

代理人 周靖 王漪

(30)优先权数据
A1260/2011 2011.09.05 AT

(51)Int.Cl.
H01F 7/16(2006.01)
H02K 33/16(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2014.05.05

(56)对比文件
DE 10003928 A1,2001.06.07,
DE 10207828 A1,2003.09.11,
WO 2007/063222 A1,2007.06.07,
DE 202009014192 U1,2011.04.07,

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2012/063713 2012.07.12

(87)PCT国际申请的公布数据
W02013/034339 DE 2013.03.14

审查员 高静静

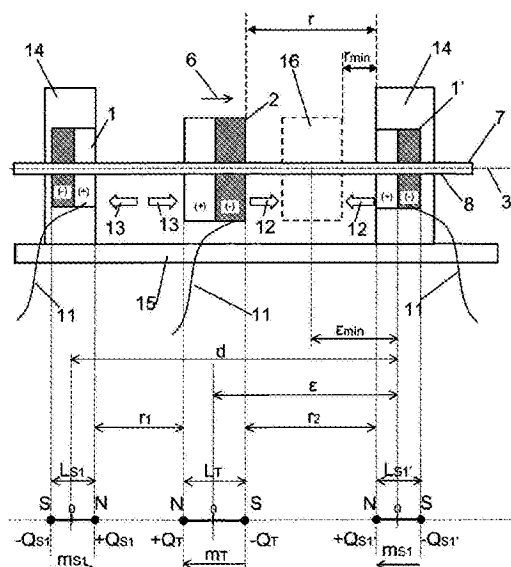
(73)专利权人 斯易爱奇有限公司
地址 马耳他比尔基卡拉米里尔埃尔

权利要求书6页 说明书20页 附图13页

(54)发明名称
磁性装置

(57)摘要

本发明涉及一种磁性装置,其具有至少一个定子(1、1')和至少一个转换器(2),转换器(2)可相对于定子(1、1')在转换器运动方向(6)上运动,转换器运动方向(6)被定向于朝着定子(1、1'),其中至少一个定子(1、1')和转换器(2)沿轴取向。磁性装置具有控制装置,该控制装置具有用于在磁性装置运行时根据定子和转换器之间形成的受力状态来控制转换器到定子的距离 $r > 0$ (用语言表达为: r 大于零)的装置。转换器(2)可在转换器运动方向(6)上沿线性延伸的转换器运动轴来相对于定子(1、1')运动,所述至少一个定子(1、1')和转换器(2)沿转换器运动轴取向。



1. 一种磁性装置, 其具有至少一个定子(1、1')和至少一个转换器(2), 所述转换器(2)能够相对于定子(1、1')在转换器运动方向(6)上运动, 所述转换器运动方向(6)被定向于朝着所述定子(1、1'), 其中所述至少一个定子(1、1')和转换器(2)沿轴取向,

其特征在于,

所述磁性装置具有控制装置, 所述控制装置具有用于在所述磁性装置运行时根据在定子和转换器之间形成的受力状态来控制所述转换器到定子的距离 r 以便将定子和转换器的影响维持作为单磁体的装置,

所述转换器(2)能够在转换器运动方向(6)上沿着线性延伸的转换器运动轴来相对于定子(1、1')运动, 其中所述至少一个定子(1、1')和转换器(2)沿所述转换器运动轴取向,

通过控制单元根据在所述定子(1)和转换器(2)之间产生的受力状态来调节最小距离 $r_{\min} > 0$, 从而使得作用在所述转换器(2)上的受力状态在所述转换器(2)位于 X_t 位置时最大, 其中下面这个关系式适用于作用在所述转换器(2)上的受力状态:

$$F_{\text{repulsion}}(X_t) = \frac{\mu_0}{4\pi} \left\{ \begin{array}{l} \frac{q_{s1a}(X_t)q_{s1b}(X_t)}{\left(X_t + \frac{L_s + L_t}{2}\right)^2} \\ + \frac{q_{s1b}(X_t)q_{s1a}(X_t)}{\left(X_t - \frac{L_s + L_t}{2}\right)^2} \end{array} \right\} - \left\{ \begin{array}{l} + \frac{q_{t1a}(X_t)q_{t1b}(X_t)}{\left(X_t + \frac{L_t - L_s}{2}\right)^2} \\ + \frac{q_{t1b}(X_t)q_{t1a}(X_t)}{\left(X_t + \frac{L_t - L_s}{2}\right)^2} \end{array} \right\}$$

式中

- $q_{s1a}(X_t)$ 和 $q_{s1b}(X_t)$ 为所述定子(1、1')的磁极强度,

- $q_{t1a}(X_t)$ 和 $q_{t1b}(X_t)$ 为所述转换器(2)的磁极强度,

- $X_t \in \left[\frac{L_s + L_t}{2}, \delta + \frac{L_s + L_t}{2} \right]$ 为所述转换器的位置 X_t ,

- L_s 为所述定子(1、1')的长度,

- L_t 为所述转换器(2)的长度。

2. 根据权利要求1所述的磁性装置, 其特征在于, 在所述定子上的定子单磁体(4)和/或在所述转换器(2)上的转换器单磁体(5)沿描述多边形(10)的线路、环绕平行于转换器运动方向(6)的多边形的轴来布置。

3. 根据权利要求1所述的磁性装置, 其特征在于, 所述转换器(2)通过至少一个导向单元(7)被相对于所述定子(1)能够活动地安装, 其中所述导向单元(7)的导向轴(8)在两个直接相邻的定子单磁体(4)之间的区域中与定子(1)相交, 并且在两个直接相邻的转换器单磁体(5)之间的区域中与转换器(2)相交。

4. 根据权利要求2所述的磁性装置, 其特征在于, 所述转换器(2)通过至少一个导向单元(7)被相对于所述定子(1)能够活动地安装, 其中所述导向单元(7)的导向轴(8)在两个直接相邻的定子单磁体(4)之间的区域中与定子(1)相交, 并且在两个直接相邻的转换器单磁体(5)之间的区域中与转换器(2)相交。

5. 根据权利要求1-4中任一项所述的磁性装置, 其特征在于, 所述转换器(2)相对于所述定子(1、1')的运动是振荡运动。

6. 根据权利要求1-4中任一项所述的磁性装置, 其特征在于, 将所述定子(1、1')构造成

永磁体,将所述转换器(2)构造成电磁体。

7.根据权利要求5所述的磁性装置,其特征在于,将所述定子(1、1')构造成永磁体,将所述转换器(2)构造成电磁体。

8.根据权利要求1-4和7中任一项所述的磁性装置,其特征在于,将所述定子(1、1')构造成电磁体,将所述转换器(2)构造成永磁体。

9.根据权利要求5所述的磁性装置,其特征在于,将所述定子(1、1')构造成电磁体,将所述转换器(2)构造成永磁体。

10.根据权利要求6所述的磁性装置,其特征在于,将所述定子(1、1')构造成电磁体,将所述转换器(2)构造成永磁体。

11.根据权利要求1-4、7和9-10中任一项所述的磁性装置,其特征在于,所述定子(1、1')和转换器(2)被构造成永磁体或电磁体。

12.根据权利要求5所述的磁性装置,其特征在于,所述定子(1、1')和转换器(2)被构造成永磁体或电磁体。

13.根据权利要求6所述的磁性装置,其特征在于,所述定子(1、1')和转换器(2)被构造成永磁体或电磁体。

14.根据权利要求8所述的磁性装置,其特征在于,所述定子(1、1')和转换器(2)被构造成永磁体或电磁体。

15.根据权利要求1-4、7、9-10、12-14中任一项所述的磁性装置,其特征在于,所述控制装置具有能够定位在所述定子(1、1')和转换器(2)之间的间隔元件。

16.根据权利要求5所述的磁性装置,其特征在于,所述控制装置具有能够定位在所述定子(1、1')和转换器(2)之间的间隔元件。

17.根据权利要求6所述的磁性装置,其特征在于,所述控制装置具有能够定位在所述定子(1、1')和转换器(2)之间的间隔元件。

18.根据权利要求8所述的磁性装置,其特征在于,所述控制装置具有能够定位在所述定子(1、1')和转换器(2)之间的间隔元件。

19.根据权利要求11所述的磁性装置,其特征在于,所述控制装置具有能够定位在所述定子(1、1')和转换器(2)之间的间隔元件。

20.根据权利要求1-4、7、9-10、12-14和16-19中任一项所述的磁性装置,其特征在于,所述控制装置具有限制所述转换器(2)的运动的机械强制系统。

21.根据权利要求5所述的磁性装置,其特征在于,所述控制装置具有限制所述转换器(2)的运动的机械强制系统。

22.根据权利要求6所述的磁性装置,其特征在于,所述控制装置具有限制所述转换器(2)的运动的机械强制系统。

23.根据权利要求8所述的磁性装置,其特征在于,所述控制装置具有限制所述转换器(2)的运动的机械强制系统。

24.根据权利要求11所述的磁性装置,其特征在于,所述控制装置具有限制所述转换器(2)的运动的机械强制系统。

25.根据权利要求15所述的磁性装置,其特征在于,所述控制装置具有限制所述转换器(2)的运动的机械强制系统。

26. 根据权利要求1-4、7、9-10、12-14、16-19和21-25中任一项所述的磁性装置,其特征在于,所述控制装置具有距离测量设备和/或时间测量设备,借助所述控制装置根据所述转换器(2)相对于定子(1,1')的位置和/或根据时间段能够改变所述定子(1,1')和/或转换器(2)的极性和/或改变所述定子(1,1')和/或转换器(2)的场强。

27. 根据权利要求5所述的磁性装置,其特征在于,所述控制装置具有距离测量设备和/或时间测量设备,借助所述控制装置根据所述转换器(2)相对于定子(1,1')的位置和/或根据时间段能够改变所述定子(1,1')和/或转换器(2)的极性和/或改变所述定子(1,1')和/或转换器(2)的场强。

28. 根据权利要求6所述的磁性装置,其特征在于,所述控制装置具有距离测量设备和/或时间测量设备,借助所述控制装置根据所述转换器(2)相对于定子(1,1')的位置和/或根据时间段能够改变所述定子(1,1')和/或转换器(2)的极性和/或改变所述定子(1,1')和/或转换器(2)的场强。

29. 根据权利要求8所述的磁性装置,其特征在于,所述控制装置具有距离测量设备和/或时间测量设备,借助所述控制装置根据所述转换器(2)相对于定子(1,1')的位置和/或根据时间段能够改变所述定子(1,1')和/或转换器(2)的极性和/或改变所述定子(1,1')和/或转换器(2)的场强。

30. 根据权利要求11所述的磁性装置,其特征在于,所述控制装置具有距离测量设备和/或时间测量设备,借助所述控制装置根据所述转换器(2)相对于定子(1,1')的位置和/或根据时间段能够改变所述定子(1,1')和/或转换器(2)的极性和/或改变所述定子(1,1')和/或转换器(2)的场强。

31. 根据权利要求15所述的磁性装置,其特征在于,所述控制装置具有距离测量设备和/或时间测量设备,借助所述控制装置根据所述转换器(2)相对于定子(1,1')的位置和/或根据时间段能够改变所述定子(1,1')和/或转换器(2)的极性和/或改变所述定子(1,1')和/或转换器(2)的场强。

32. 根据权利要求20所述的磁性装置,其特征在于,所述控制装置具有距离测量设备和/或时间测量设备,借助所述控制装置根据所述转换器(2)相对于定子(1,1')的位置和/或根据时间段能够改变所述定子(1,1')和/或转换器(2)的极性和/或改变所述定子(1,1')和/或转换器(2)的场强。

33. 根据权利要求1-4、7、9-10、12-14、16-19、21-25和27-32中任一项所述的磁性装置,其特征在于,在所述定子(1)和与定子(1)相距最大距离为d位置处的转换器(2)之间延伸的容积空间是真空的。

34. 根据权利要求5所述的磁性装置,其特征在于,在所述定子(1)和与定子(1)相距最大距离为d位置处的转换器(2)之间延伸的容积空间是真空的。

35. 根据权利要求6所述的磁性装置,其特征在于,在所述定子(1)和与定子(1)相距最大距离为d位置处的转换器(2)之间延伸的容积空间是真空的。

36. 根据权利要求8所述的磁性装置,其特征在于,在所述定子(1)和与定子(1)相距最大距离为d位置处的转换器(2)之间延伸的容积空间是真空的。

37. 根据权利要求11所述的磁性装置,其特征在于,在所述定子(1)和与定子(1)相距最大距离为d位置处的转换器(2)之间延伸的容积空间是真空的。

38. 根据权利要求15所述的磁性装置,其特征在于,在所述定子(1)和与定子(1)相距最大距离为d位置处的转换器(2)之间延伸的容积空间是真空的。

39. 根据权利要求20所述的磁性装置,其特征在于,在所述定子(1)和与定子(1)相距最大距离为d位置处的转换器(2)之间延伸的容积空间是真空的。

40. 根据权利要求26所述的磁性装置,其特征在于,在所述定子(1)和与定子(1)相距最大距离为d位置处的转换器(2)之间延伸的容积空间是真空的。

41. 一种磁性装置,其具有至少一个定子(1、1')和至少一个转换器(2),所述转换器(2)能够相对于定子(1、1')在转换器运动方向(6)上运动,所述转换器运动方向(6)被定向于朝着所述定子(1、1'),其中所述至少一个定子(1、1')和所述转换器(2)沿轴取向,

其特征在于,

所述磁性装置具有控制装置,所述控制装置具有用于在所述磁性装置运行时根据在定子和转换器之间形成的受力状态来控制所述转换器到定子的距离r以便将定子和转换器的影响维持作为单磁体的装置,

使得所述转换器与所述定子之间的最小距离

$$r_{min} > \frac{L_s R_s}{\sqrt{R_s^2 + L_s^2}} - \frac{\mu_t}{\mu_s} \cdot \frac{N_t}{N_s} \cdot \frac{I_t}{I_s} \cdot \frac{L_s R_s}{\sqrt{R_t^2 + L_t^2}}, \text{其中}$$

L_s 是定子的长度,

L_t 是转换器的长度

R_s 是定子的半径,

R_t 是转换器的半径,

μ_s 是转换器的相对磁导率,

μ_t 是转换器的相对磁导率,

N_s 是形成定子的线圈的绕组数,

N_t 是形成转换器的线圈的绕组数,

I_s 是形成定子的线圈内的电流强度,

I_t 是形成转换器的线圈内的电流强度,

所述转换器(2)能够在转换器运动方向(6)上沿着线性延伸的转换器运动轴来相对于定子(1、1')运动,其中所述至少一个定子(1、1')和转换器(2)沿所述转换器运动轴取向。

42. 根据权利要求41所述的磁性装置,其具有两个定子(1、1')和一个转换器(2),其特征在于,通过控制装置根据在所述定子(1)和转换器(2)之间产生的受力状态来调节最小距离 $r_{min} > 0$,从而使得作用在所述转换器(2)上的合力在所述转换器(2)位于 X_t 位置时最大,其中下面这个关系式适用于作用在所述转换器(2)上的受力状态:

$$F_{repulsion}(X_t) = \frac{\mu_0}{4\pi} \left[\begin{array}{l} \left[\frac{q_{s1a}(X_t)q_{t1b}(X_t)}{\left(X_t + \frac{L_s + L_t}{2}\right)^2} \right] \\ + \frac{q_{s1a}(X_t)q_{t1b}(X_t)}{\left(X_t - \frac{L_s + L_t}{2}\right)^2} \end{array} \right] - \left[\begin{array}{l} \left[\frac{q_{s1a}(X_t)q_{t2b}(X_t)}{\left(X_t + \frac{L_s - L_t}{2}\right)^2} \right] \\ + \frac{q_{s1a}(X_t)q_{t2b}(X_t)}{\left(X_t + \frac{L_t - L_s}{2}\right)^2} \end{array} \right]$$

式中

- $q_{s1a}(X_t)$ 和 $q_{s1b}(X_t)$ 为所述定子(1、1')的磁极强度,

- $q_{ta}(X_t)$ 和 $q_{tb}(X_t)$ 为所述转换器(2)的磁极强度,

- $X_t \in J \frac{L_s + L_t}{2}, \delta + \frac{L_s + L_t}{2}$ [为所述转换器的位置 X_t ,

- L_s 为所述定子(1、1')的长度,

- L_t 为所述转换器(2)的长度。

43. 根据权利要求41所述的磁性装置,其特征在于,在所述定子上的定子单磁体(4)和/或在所述转换器(2)上的转换器单磁体(5)沿描述多边形(10)的线路、环绕平行于转换器运动方向(6)的多边形的轴来布置。

44. 根据权利要求42所述的磁性装置,其特征在于,在所述定子上的定子单磁体(4)和/或在所述转换器(2)上的转换器单磁体(5)沿描述多边形(10)的线路、环绕平行于转换器运动方向(6)的多边形的轴来布置。

45. 根据权利要求41-44中任一项所述的磁性装置,其特征在于,所述转换器(2)通过至少一个导向单元(7)被相对于所述定子(1)能够活动地安装,其中所述导向单元(7)的导向轴(8)在两个直接相邻的定子单磁体(4)之间的区域中与定子(1)相交,并且在两个直接相邻的转换器单磁体(5)之间的区域中与转换器(2)相交。

46. 根据权利要求41-44中任一项所述的磁性装置,其特征在于,所述转换器(2)相对于所述定子(1、1')的运动是振荡运动。

47. 根据权利要求45所述的磁性装置,其特征在于,所述转换器(2)相对于所述定子(1、1')的运动是振荡运动。

48. 根据权利要求41-44和47中任一项所述的磁性装置,其特征在于,所述控制装置具有能够定位在所述定子(1、1')和转换器(2)之间的间隔元件。

49. 根据权利要求45所述的磁性装置,其特征在于,所述控制装置具有能够定位在所述定子(1、1')和转换器(2)之间的间隔元件。

50. 根据权利要求46所述的磁性装置,其特征在于,所述控制装置具有能够定位在所述定子(1、1')和转换器(2)之间的间隔元件。

51. 根据权利要求41-44、47和49-50中任一项所述的磁性装置,其特征在于,所述控制装置具有限制所述转换器(2)的运动的机械强制系统。

52. 根据权利要求45所述的磁性装置,其特征在于,所述控制装置具有限制所述转换器(2)的运动的机械强制系统。

53. 根据权利要求46所述的磁性装置,其特征在于,所述控制装置具有限制所述转换器(2)的运动的机械强制系统。

54. 根据权利要求48所述的磁性装置,其特征在于,所述控制装置具有限制所述转换器(2)的运动的机械强制系统。

55. 根据权利要求41-44、47、49-50和52-54中任一项所述的磁性装置,其特征在于,所述控制装置具有距离测量设备和/或时间测量设备,借助所述控制装置根据所述转换器(2)相对于定子(1、1')的位置和/或根据时间段能够改变所述定子(1、1')和/或转换器(2)的极性和/或改变所述定子(1、1')和/或转换器(2)的场强。

56. 根据权利要求45所述的磁性装置,其特征在于,所述控制装置具有距离测量设备和/或时间测量设备,借助所述控制装置根据所述转换器(2)相对于定子(1,1')的位置和/或根据时间段能够改变所述定子(1,1')和/或转换器(2)的极性和/或改变所述定子(1,1')和/或转换器(2)的场强。

57. 根据权利要求46所述的磁性装置,其特征在于,所述控制装置具有距离测量设备和/或时间测量设备,借助所述控制装置根据所述转换器(2)相对于定子(1,1')的位置和/或根据时间段能够改变所述定子(1,1')和/或转换器(2)的极性和/或改变所述定子(1,1')和/或转换器(2)的场强。

58. 根据权利要求48所述的磁性装置,其特征在于,所述控制装置具有距离测量设备和/或时间测量设备,借助所述控制装置根据所述转换器(2)相对于定子(1,1')的位置和/或根据时间段能够改变所述定子(1,1')和/或转换器(2)的极性和/或改变所述定子(1,1')和/或转换器(2)的场强。

59. 根据权利要求51所述的磁性装置,其特征在于,所述控制装置具有距离测量设备和/或时间测量设备,借助所述控制装置根据所述转换器(2)相对于定子(1,1')的位置和/或根据时间段能够改变所述定子(1,1')和/或转换器(2)的极性和/或改变所述定子(1,1')和/或转换器(2)的场强。

60. 根据权利要求41-44、47、49-50、52-54和56-59中任一项所述的磁性装置,其特征在于,在所述定子(1)和与定子(1)相距最大距离为d位置处的转换器(2)之间延伸的容积空间是真空的。

61. 根据权利要求45所述的磁性装置,其特征在于,在所述定子(1)和与定子(1)相距最大距离为d位置处的转换器(2)之间延伸的容积空间是真空的。

62. 根据权利要求46所述的磁性装置,其特征在于,在所述定子(1)和与定子(1)相距最大距离为d位置处的转换器(2)之间延伸的容积空间是真空的。

63. 根据权利要求48所述的磁性装置,其特征在于,在所述定子(1)和与定子(1)相距最大距离为d位置处的转换器(2)之间延伸的容积空间是真空的。

64. 根据权利要求51所述的磁性装置,其特征在于,在所述定子(1)和与定子(1)相距最大距离为d位置处的转换器(2)之间延伸的容积空间是真空的。

65. 根据权利要求55所述的磁性装置,其特征在于,在所述定子(1)和与定子(1)相距最大距离为d位置处的转换器(2)之间延伸的容积空间是真空的。

磁性装置

[0001] 本发明涉及一种磁性装置,其具有至少一个定子磁体和至少一个转换器磁体,所述转换器可相对于定子转换器运动方向上运动,所述转换器运动方向被定向于朝着定子,此外转换器还与驱动轴耦合。

[0002] 根据本发明的磁性装置的应用可能性为用作磁致动器、用作发电机或用作阻抗设备,所述阻抗设备产生与从外部作用到阻抗设备上的力相对抗的力。当用作磁致动器时可通过驱动轴来完成机械工作。

[0003] 根据现有技术,磁致动器是以使用磁偶极子原理为基础。通过激活斥力和引力来引起转换器磁体相对于定子磁体运动。所述运动可以是转换器磁体经过定子磁体的、线性的或旋转的运动,或者是转换器磁体面向定子磁体的振动运动。根据现有技术的磁致动器,其以转换器磁体的后一种运动为基础,其特征在于,所述转换器磁体至少在终端位置与定子磁体接触。在根据现有技术的磁致动器中,处于端部位置的转换器和定子被当作磁体,从而使得只可通过高能耗才能将定子和转换器分离开来。

[0004] JP2006325381公开了一种具有至少一个转换器的磁性装置,所述转换器可在至少两个定子之间运动,其中转换器的运动轴穿过定子延伸。转换器的运动受到设置在定子上的间隔元件的限制。间隔元件被用于降低电流发生器的噪声和例如由于定子和转换器接触而引起的机械噪声。

[0005] JP2006345652描述了一种用于控制由磁体导向的针的运动的装置。而在由磁体引起的受力情况方面没有提及对针的运动进行控制。

[0006] US20060049701示出了一种磁性装置,其中转换器的运动轴不从定子中延伸出去。转换器在定子的侧面移过,其结果是,定子与转换器之间形成的受力状态不平行于转换器运动方向。在转换器与定子之间形成的受力状态情况方面,尽管没有提及控制转换器运动,但US20060049701中公开的装置因为要与转换器运动相比调整受力状态故具有比下面要讨论的装置低得多的效率。

[0007] JP2010104078描述了一种磁性装置,其中转换器运动通过间隔件来控制。所述间隔件具有这样的形状,其不会因自身的存在而影响定子和转换器之间所形成的受力状态。

[0008] R0126256涉及一种磁性装置,所述装置与下面要讨论的磁性装置相比不具有用于控制转换器运动的控制装置。

[0009] JP2002335662公开了一种磁性装置,所述装置也不具有用于控制转换器运动的控制装置。

[0010] DE10003928没有公开一种控制装置,该控制装置用于在如DE10003828中所述的操作期间根据转换器与定子之间的磁性装置来使定子和转换器保持距离。这种控制装置的特殊作用,即定子和转换器作为单磁体的作用,既没有隐含地也没有明确地在DE10003928中进行描述。

[0011] DE10003928的图1示出转换器(DE10003928的图1中的锚8)和定子(DE10003928的图1中的电磁体6)之间的距离。该距离由距离元件产生,其没有在DE10003928的图1和图3中的任一个中用参考标号提供。

[0012] DE10003928的图2示出在定子和转换器之间产生的力的状态。对DE10003928的图2的描述表明图2中以参考标号36表示的区域是易于控制的,这是由于朝向另外定子的引力和作用于转换器的弹簧力的总数大于抵消运动的力(在DE10003928的图2中用参考标号39、40标记)。

[0013] 本说明书没有描述上文在DE10003928的图1中提及的距离元件与在DE10003928的图2的描述中论述的力的过程之间的关系。因而,借助于图1中明显的距离元件,针对转换器和定子之间产生的力的状态来控制距离不能从DE10003928推导得到。

[0014] DE10207828A1在权利要求1中描述了被定向为正交于其运动方向(D2的图1中用参考标号41标记)的锚(DE10207828A1中用参考标号41标记)。在DE10207828A1中提及的锚作为在DE10207828A1中公开的磁性装置中的转换器。

[0015] DE10207828A1在段落[0042]中提到距离元件用于减小起重磁体的握力的用途。如可从图1中发现,距离元件(DE10207828A1的图1中用参考标号45、46标记)设置在转换器和定子之间并且通过其的存在而减小握力。

[0016] DE10207828A1没有公开用于使转换器和定子保持距离的说明,其中以转换器和定子作为单磁体作用的形式保持距离,使得转换器和定子之间不存在握力。

[0017] 在W02007063222A1的图1中,可看到具有高度h的距离元件。第7页的最后一段对W02007063222A1的图1的描述提到距离元件的作用,即增加促动器的寿命。第3页的下一段提到用作减小误差的距离元件。W02007063222A1没有提到距离元件用于维持定子和转换器作为单磁体的作用的作用。

[0018] DE202009014192U1的图1中示出转换器的极盘(D4的图1中用参考标号14、16标示)接触定子的磁轭单元(DE202009014192U1的图1中用参考标号26标示)。在DE202009014192U1的图4中示出产生的磁流量。DE202009014192U1的图4中示出转换器和定子互相接触并且因而在它们之间没有距离 $r>0$ 。

[0019] US20040005222公开了控制装置的电路图。US20040005222没有提到在定子和转换器之间的距离,该距离使得定子和转换器在磁性装置操作期间总是作为单磁体起作用。

[0020] 本发明的任务在于,提供一种磁性装置(特别是磁致动器)、发电机或阻抗元件,其特征在于所述装置具有比现有技术已知的电磁马达更高的效率。

[0021] 下文为简便起见将转换器磁体简称为转换器,将定子磁体简称为定子。

[0022] 根据本发明,磁性装置的高效率要这样来实现,即磁性装置具有控制装置,所述控制装置具有一个用于在磁性装置运行时根据定子和转换器之间形成的受力状态来控制转换器到定子的距离 $r_{\min}>0$ (用语言表达为: r_{\min} 大于零)的装置,所述转换器可在转换器运动方向上沿线性延伸的转换器运动轴相对于所述定子运动,所述至少一个定子和所述转换器沿所述转换器运动轴取向。

[0023] 最小距离 $r_{\min}>0$ 由控制装置根据定子和转换器之间产生的力而设定,使得在转换器的位置 X_t 处作用于转换器的力为最大力,作用于转换器的力通过下列关系进行定义:

$$[0024] \quad F_{repulsion}(X_t) = \frac{\mu_0}{4\pi} \left[\begin{array}{l} \left[\frac{q_{s1a}(X_t)q_{tb}(X_t)}{\left(X_t + \frac{L_s + L_t}{2}\right)^2} \right] \\ \left[\frac{q_{s1a}(X_t)q_{ta}(X_t)}{\left(X_t + \frac{L_s - L_t}{2}\right)^2} \right] \\ \left[\frac{q_{s1b}(X_t)q_{ta}(X_t)}{\left(X_t - \frac{L_s + L_t}{2}\right)^2} \right] \\ \left[\frac{q_{s1b}(X_t)q_{tb}(X_t)}{\left(X_t + \frac{L_t - L_s}{2}\right)^2} \right] \end{array} \right]$$

[0025] 其中

[0026] $q_{s1a}(X_t)$ 和 $q_{s1b}(X_t)$ 为定子的磁极强度，

[0027] $q_{ta}(X_t)$ 和 $q_{tb}(X_t)$ 为转换器的磁极强度，

[0028] $X_t \in \left[\frac{L_s + L_t}{2}; \delta + \frac{L_s + L_t}{2} \right]$ 为转换器的位置 X_t ，

[0029] L_s 为定子的长度，

[0030] L_t 为转换器的长度，

[0031] 其中定子和转换器作为单磁体作用。

[0032] 通过根据本发明的转换器与定子的间距具有最小距离 $r_{\min} > 0$ 可避免的是，转换器和定子作用为一个磁体。

[0033] 距离 r 在本发明所公开的内容部分中被定义成在朝向定子的转换器表面与朝向转换器的定子表面之间的距离。

[0034] 定子和转换器可具有磁体部分和包裹所述磁体部分的涂层或具有防止定子和转换器的磁性部分接触的间隔件，从而使定子或转换器的这种结构在定子和转换器的距离 $r = 0$ 时，定子和转换器的磁性部分不会接触。

[0035] 通过所述控制装置还可根据磁体的暂时性质来设置距离 r 。磁体的暂时性质一方面可通过外部影响如热应力来改变，另一方面可通过其它控制装置来控制。例如可通过根据现有技术的方法来控制磁场强度和磁体的取向。此外参考常规教导，材料的选择和材料的组合会影响磁体的性能。

[0036] 根据本发明的磁性装置所具有的控制装置可根据上述因素和至少一个定子或至少一个转换器的磁体的属性来控制距离 r 。

[0037] 在一个试验装置中最小距离 r_{\min} 为1.0mm-2.0mm。所述试验装置可配置成，使得距离是可无级调整的，从而可在1.0-2.0mm的范围内用各种距离进行测试。

[0038] 沿其布置有转换器和定子的轴的形状可以是多边形的、在部分区域中弯曲的或在其它部分区域中为直线的形状。

[0039] 如果定子和转换器只有短暂接触或彼此很接近，那么根据普通教导，它们将作用为一个磁体，其结果是-为了使转换器能够振荡运动-必须通过额外的分离能量才可将其分离。本文所公开的发明的任务还包括提供一种磁性装置，其特征在于，定子和转换器在根据本发明的磁性装置运行时绝不会彼此接触，并因此-根据普通教导-在使用磁性装置的任何时刻都不会用作一个磁体。这使得转换器在离开定子的方向运动时无需额外的分离能量也可运行。

[0040] 本发明不排除，当不使用根据本发明的磁性装置时，转换器和定子彼此接触。

[0041] 磁性装置被设计成磁致动器并且它可与使用磁致动器时要移动的飞轮质块

(Schwungmasse)耦合,所述飞轮质块在转换器路径上对转换器的不同加速进行了补偿。例如,在此处提到了根据现有技术的飞轮。

[0042] 根据本发明的磁性装置具有至少一个定子,并具有相对于定子运动的转换器。根据本发明的高效率的磁性装置的实施方式具有两个定子和可活动地安装在所述定子间的转换器。就将致动器串联起来而言本发明所述磁致动器可具有 $n=1,2,3,\dots$ 个定子和 $n-1$ 个可活动地安装在定子之间的转换器。

[0043] 根据本发明的磁性装置的可能实施方式可以是,将至少一个定子(优选两个定子)布置在例如轴的中心以及将至少一个转换器(优选两个转换器)布置在定子两侧的轴上。

[0044] 根据本发明的磁性装置可与另一个根据本发明的磁性装置结合,和/或与根据现有技术的磁性装置结合。

[0045] 转换器相对于定子的运动能够是振荡运动。

[0046] 转换器的振荡运动总是相对于定子的。转换器的运动是利用了在定子和转换器间起作用的磁偶极子所引起的引力和斥力导致的。

[0047] 将根据本发明的磁性装置作为磁致动器的用途,其特征在于,所述转换器振荡运动。

[0048] 此外,转换器的振荡运动可通过机械强制系统来实现。通过将转换器与机械强制系统(例如曲柄总成)耦合,能够限制转换器的振荡运动的幅度。

[0049] 所述机械强制系统可补偿不同的或相同的磁场强度并补偿其对转换器运动所造成的影响。下面描述的发明以使用试验装置进行的试验为基础,所述试验装置用具有不同场强的磁体或具有相同场强的磁体来驱动。试验装置运行过程中借助相同场强的磁体可获得良好的经验。

[0050] 所述机械强制系统可迫使转换器进一步运动到最终位置,并因此将转换器与定子和转换器间相互作用的引力以及在定子和转换器间相互作用的斥力相对抗从最近的定子的磁场中释放出来。

[0051] 将根据本发明的磁性装置用作阻抗元件时,转换器在确定的时间段内保持指定的距离。

[0052] 下面的讨论涉及由于磁场 H 而产生的磁极化或物质的磁化,所述磁场会产生附加磁场 J 。此外,还推导出在转换器运动的最终位置时转换器到定子的距离,在该位置定子和转换器之间的引力或斥力最大。

[0053] 下面所作的简化不是为了限制保护范围,这样做仅仅是为了更好地理解这里所讨论的主题。

[0054] 下面将要考虑磁致动器,它具有两个布置在轴上的定子,并具有可在定子间沿轴运动的转换器。所述定子和转换器可绕轴被设计成旋转对称体。

[0055] 在场 H 的磁激励下,铁磁芯被磁化并产生附加磁场 M 。磁场 M 和 H 产生磁场 B ,其中总磁场被引入方程的关系式中。

[0056] 磁场、磁化以及磁感应可概括性地用方程1.1.来表示。

[0057] $B=\mu_0H+J$ (1.1),

[0058] 其中 J 为 $J=\mu_0M$ (1.2)。

[0059] 结合方程(1.1)和方程(1.2)得到

[0060] $B = \mu_0(H+M)$ (1.3)。

[0061] 通过以下关系式来定义体积磁化率

[0062] $M = x_v \times H$ (1.4)，

[0063] 其中磁化与磁场强度的乘积称为磁感应

[0064] $B = \mu_0 H + J = \mu_0(1+x_v)H$ (1.5)

[0065] 或

[0066] $B = \mu_0 \mu_r H = \mu H$ (1.6)，

[0067] 式中

[0068] $-\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{H/m}$ (亨利每米)为真空的磁导率，

[0069] $-x_v$ 为物质的体积磁化率，

[0070] $-\mu_r = 1+x_v$ 为物质的相对磁导率，

[0071] $-\mu = \mu_0 \times \mu_r$ 为物质的绝对磁导率，

[0072] $-B$ 为磁感应强度，单位特斯拉(T)

[0073] $-H$ 为磁场强度，单位安培每米(A/M)

[0074] $-J$ 为磁化强度，单位特斯拉(T)

[0075] $-M$ 为每单位体积的磁偶极矩，单位安培每米(A/M)

[0076] 下面要讨论具有磁芯的圆柱形层式线圈，其中圆柱形几何形状根据毕奥-沙伐尔定律会进行简化。

[0077] 以0为圆柱形线圈的中心并且以(0_x)为轴线，则(0_x)轴线上的点M(x)处的磁感应强度为：

$$[0078] \left\{ \begin{array}{l} \vec{B}(x)_{0x} = \pm \|\vec{B}(x)_{0x}\| \vec{e}_{0x} \\ \|\vec{B}(x)_{0x}\| = \mu \frac{NI}{4a} \left\{ \frac{(x+a)}{\sqrt{R^2+(x+a)^2}} - \frac{(x-a)}{\sqrt{R^2+(x-a)^2}} \right\} \end{array} \right\} (2.1)$$

[0079] $-\vec{e}_{0x}$ 为轴的单位矢量(0_x)

[0080] $-\mu$ 为铁磁芯的绝对磁导率

[0081] $-N$ 为总绕组数

[0082] $-L = 2a$ 为线圈的长度，单位米(m)

[0083] $-R$ 是线圈的内半径，单位米(m)

[0084] $-I$ 为线圈内的电流强度，单位安培(A)。

[0085] 在磁极端部($x = -a$ 和 $x = +a$)按如下方程得出以特拉斯为单位的感应场强度：

$$[0086] B_0 = \|\vec{B}(x = \pm a)_{0x}\| = \frac{\mu NI}{2\sqrt{R^2+(2a)^2}} (2.2)$$

[0087] 从等式(1.6)中可导出电磁磁极端部的磁场强度，单位安培/米。

$$[0088] H_0 = \|\vec{H}_M(x = \pm a)_{0x}\| = \frac{NI}{2\sqrt{R^2+(2a)^2}} (2.3),$$

[0089] 其中从等式(1.4)和(1.6)可得出磁二极矩，单位安培/米：

$$[0090] \quad \left\{ \begin{array}{l} \vec{M}_0 = \pm \|\vec{M}_0\| \vec{e}_{ox} \\ \|\vec{M}_0\| = \pm \chi_v \frac{B_0}{\mu} \vec{e}_{ox} = \pm \frac{\chi_v NI}{2\sqrt{(R^2 + L^2)}} \vec{e}_{ox} \end{array} \right\} (2.4)$$

[0091] 最后可以将磁二极矩描述如下：

$$[0092] \quad \vec{m} = M_0 V = \pm \frac{\chi_v NI \pi l^2 L}{2\sqrt{(R^2 + L^2)}} \vec{e}_{ox} (2.5),$$

[0093] 其中 $V = \pi R^2 L$ 已知为电磁芯的体积。

[0094] 根据已知的吉伯特(Gilbert)模型,磁偶极子对应于两个磁荷 $+q_m$ 和 $-q_m$,所述偶极子之间的间距为 L 。正磁荷与北极相连,负磁荷与南极相连。

[0095] 磁偶极矩的方向为从南极到北极。

$$[0096] \quad \vec{m} = \pm q_m L \vec{e}_{ox} (2.6) (2.6)$$

[0097] 式中

[0098] $-q_m$ 为电磁体的磁极大小,单位安培(A.m),

[0099] $-L$ 为磁极之间的距离,单位米(m)。

[0100] 将方程(2.5)和(2.6)组合得到

$$[0101] \quad q_m = \frac{\|\vec{M}_0\| V}{L} = \frac{\chi_v NI \pi l^2}{2\sqrt{(R^2 + L^2)}} (2.7)$$

[0102] 式中

[0103] $-q_m$ 为电磁体的磁极大小,单位安培(A.m),

[0104] $-x_v$ 为物质的体积磁化率,

[0105] $-N$ 为总绕组数,

[0106] $-L = 2a$ 为线圈的长度,单位米(m),

[0107] $-R$ 是线圈的内半径,单位米(m)

[0108] $-I$ 为线圈内的电流强度,单位安培(A)。

[0109] 此外,还要考虑根据本发明的磁致动器的实施方式,所述磁致动器具有三个在轴线上对齐的电磁体,其中第一和第二电磁体被不可活动地安装且在下文中被称为定子。所述定子被布置在轴上并且以距离为 d 间隔开来。鉴于所公开的内容所述定子的适当特征在于具有以下参数。

[0110] $-N_s$ 为定子线圈上的绕组数,

[0111] $-L_s$ 为定子的长度,单位米(m),

[0112] $-R_s$ 为定子线圈的半径,单位米(m),

[0113] $-I_s$ 为定子线圈内的电流强度,单位安培(A),

[0114] $-X_{vs}$ 为定子的铁磁芯的体积磁化率,并且

[0115] $-d = |\vec{oo}_s|$ 为两个定子间的距离。

[0116] 第三个磁体被可活动地布置在由两个定子所确定的轴上并且位于两个定子间。第三个磁体在下文中被称为转换器并由以下参数充分确定。

[0117] $-N_t$ 为转换器线圈上的绕组数,

[0118] $-L_t$ 为转换器的长度,单位米(m),

[0119] $-R_t$ 为转换器线圈的半径,单位米(m),

[0120] $-I_t$ 为转换器线圈内的电流强度,单位安培(A),

[0121] $-x_{vr}$ 为转换器的铁磁芯的体积磁化率,并且

[0122] $-\delta=d-L_s-L_t$ 为距离,即转换器在定子之间运动时通过的距离。

[0123] 定子与直流电源 $+I_s$ 和 $-I_s$ 电连接,其结果是,磁极强度从数量上看其绝对值相等,但所得到的感应场的方向相反。

[0124] 本领域的技术人员清楚地选择定子和转换器的极性如从图1和图2中一样选择,用于由于斥力和引力来实现转换器的运动,这在下文中通过由此形成的合力情况来描述。

[0125] 下面将计算所得受力状态,根据图1所示,所述受力状态在定子和转换器的极化时出现。图1所示的转换器的极化也被称为转换器的“负”极化,即磁偶极矩 \vec{m}_s 的取向为 $-\vec{e}_{ox}$ 方向。

[0126] 利用方程(2.5)来计算

$$[0127] \left\{ \begin{array}{l} \vec{m}_{s1} = +\frac{\chi_{vs} N_s I_s \pi R_s^2 L_s}{2\sqrt{(R_s^2 + L_s^2)}} \vec{e}_{ox} \\ \vec{m}_{s2} = -\frac{\chi_{vs} N_s I_s \pi R_s^2 L_s}{2\sqrt{(R_s^2 + L_s^2)}} \vec{e}_{ox} \\ \vec{m}_t = -\frac{\chi_{vt} N_t I_t \pi R_t^2 L_t}{2\sqrt{(R_t^2 + L_t^2)}} \vec{e}_{ox} \end{array} \right\} (3.1) \text{ 和 } \left\{ \begin{array}{l} q_{s1} = \frac{\chi_{vs} N_s I_s \pi R_s^2}{2\sqrt{(R_s^2 + L_s^2)}} \\ q_{s2} = \frac{\chi_{vs} N_s I_s \pi R_s^2}{2\sqrt{(R_s^2 + L_s^2)}} \\ q_t = \frac{\chi_{vt} N_t I_t \pi R_t^2}{2\sqrt{(R_t^2 + L_t^2)}} \end{array} \right\} (3.2)$$

[0128] 参照吉伯特模型,假定在磁偶极子的磁极附近由于发生磁荷的相互作用而产生磁体间的磁力。

[0129] 磁极间的相互作用力由方程(3.3)给出。

$$[0130] \vec{F} = \mu_0 \frac{q_i q_j}{4\pi r^2} \vec{e}_{ox} \quad (3.3)$$

[0131] 式中

[0132] $-q_i$ 为磁极的强度,

[0133] $-r$ 为磁极的距离。

[0134] 定子和转换器之间发生的相互作用会产生作用于转换器上的受力状态。所得受力状态用(0x)轴来调整并对准 \vec{e}_{ox} 方向(图1中为从左到右)。

[0135] 考虑到 $\delta=r_1+r_2=d-L_s-L_t$ 得到转换器在定子间的运动距离为

$$[0136] \left\{ \begin{array}{l} r_1 = X_c - \frac{L_s + L_t}{2} \\ r_2 = \delta + \frac{L_s + L_t}{2} - X_c \end{array} \right\}$$

[0137] 式中 $X_c \in \left[\frac{L_s + L_t}{2}, \frac{L_s + L_t}{2} + \delta \right]$ 表示轴(0x)上转换器的中心位置。使用已知的吉伯特模型时可通过将磁极之间的八种相互作用进行以下求和来计算受力状态。

[0138] 若 $-q_{s1} \Leftrightarrow +q_t$ 则距离为 L_s+r_1 时左边定子和转换器之间的引力作用为:

$$[0139] \left\{ \begin{array}{l} \vec{F}_{s1a2}(r_1) = -\frac{\mu_0 q_{s1}q_t}{4\pi(L_s+r_1)^2} \vec{e}_{OX} \\ \vec{F}_{s1a2}(X_t) = -\frac{\mu_0 q_{s1}q_t}{4\pi\left(X_t + \frac{L_s-L_t}{2}\right)^2} \vec{e}_{OX} \end{array} \right\}$$

[0140] 若 $-q_{s1} \Leftrightarrow -q_t$ 则距离为 L_s+r_1 时的斥力作用为:

$$[0141] \left\{ \begin{array}{l} \vec{F}_{s1a2}(r_1) = +\frac{\mu_0 q_{s1}q_t}{4\pi(r_1+L_s+L_t)^2} \vec{e}_{OX} \\ \vec{F}_{s1a2}(X_t) = +\frac{\mu_0 q_{s1}q_t}{4\pi\left(X_t + \frac{L_s+L_t}{2}\right)^2} \vec{e}_{OX} \end{array} \right\}$$

[0142] 若 $+q_{s1} \Leftrightarrow +q_t$ 则距离为 r_1 时的斥力作用为:

$$[0143] \left\{ \begin{array}{l} \vec{F}_{s1b2}(r_1) = +\frac{\mu_0 q_{s1}q_t}{4\pi r_1^2} \vec{e}_{OX} \\ \vec{F}_{s1b2}(X_t) = +\frac{\mu_0 q_{s1}q_t}{4\pi\left(X_t - \frac{L_s+L_t}{2}\right)^2} \vec{e}_{OX} \end{array} \right\}$$

[0144] 若 $+q_{s1} \Leftrightarrow -q_t$ 则距离为 r_1+L_t 时的引力作用为:

$$[0145] \left\{ \begin{array}{l} \vec{F}_{s1b2}(r_1) = -\frac{\mu_0 q_{s1}q_t}{4\pi(r_1+L_t)^2} \vec{e}_{OX} \\ \vec{F}_{s1b2}(X_t) = -\frac{\mu_0 q_{s1}q_t}{4\pi\left(X_t + \frac{L_s-L_t}{2}\right)^2} \vec{e}_{OX} \end{array} \right\}$$

[0146] 若 $+q_{s2} \Leftrightarrow +q_t$ 则距离为 L_t+r_2 时右边定子和转换器之间的斥力作用为:

$$[0147] \left\{ \begin{array}{l} \vec{F}_{s2a2}(r_2) = -\frac{\mu_0 q_{s2}q_t}{4\pi(r_2+L_t)^2} \vec{e}_{OX} \\ \vec{F}_{s2a2}(X_t) = -\frac{\mu_0 q_{s2}q_t}{4\pi\left(\delta + \frac{L_s}{2} + \frac{3L_t}{2} - X_t\right)^2} \vec{e}_{OX} \end{array} \right\}$$

[0148] 若 $+q_{s2} \Leftrightarrow -q_t$ 则距离为 r_2 时的引力为:

$$[0149] \left\{ \begin{array}{l} \vec{F}_{s2a2}(r_2) = +\frac{\mu_0 q_{s2}q_t}{4\pi r_2^2} \vec{e}_{OX} \\ \vec{F}_{s2a2}(X_t) = +\frac{\mu_0 q_{s2}q_t}{4\pi\left(\delta + \frac{L_s+L_t}{2} - X_t\right)^2} \vec{e}_{OX} \end{array} \right\}$$

[0150] 若 $-q_{s2} \Leftrightarrow +q_t$ 则距离为 $L_s+r_2+L_t$ 时的引力为:

$$[0151] \left\{ \begin{array}{l} \vec{F}_{s2ba}(r_2) = + \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q_{s2}q_t}{(r_2 + L_s + L_t)^2} \vec{e}_{ox} \\ \vec{F}_{s2ba}(X_t) = + \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q_{s2}q_t}{\left(\delta + 3\frac{L_s + L_t}{2} - X_t\right)^2} \vec{e}_{ox} \end{array} \right\}$$

[0152] 若 $-q_{s2} \leftrightarrow -q_t$ 则距离为 r_2+L_s 时的斥力为:

$$[0153] \left\{ \begin{array}{l} \vec{F}_{s2ab}(r_2) = - \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q_{s2}q_t}{(r_2 + L_s)^2} \vec{e}_{ox} \\ \vec{F}_{s2ab}(X_t) = - \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q_{s2}q_t}{\left(\delta + \frac{3L_s}{2} + \frac{L_t}{2} - X_t\right)^2} \vec{e}_{ox} \end{array} \right\}$$

[0154] 在转换器上的受力状态为所有相互作用力的矢量和:

$$[0155] \vec{F}_{TOT}(X_t) = \sum_{\substack{i=a,b \\ j=a,b}} \vec{F}_{sij}(X_t) + \sum_{\substack{i=a,b \\ j=a,b}} \vec{F}_{sij}(X_t)$$

$$[0156] \vec{F}_{TOT}(X_t) = \frac{\mu_0 q_t}{4\pi} \left\{ \begin{array}{l} \frac{q_{s1}}{\left(X_t + \frac{L_s + L_t}{2}\right)^2} \\ + \frac{q_{s1}}{\left(X_t - \frac{L_s + L_t}{2}\right)^2} \\ + \frac{q_{s2}}{\left(\delta + \frac{L_s + L_t}{2} - X_t\right)^2} \\ + \frac{q_{s2}}{\left(\delta + 3\frac{L_s + L_t}{2} - X_t\right)^2} \end{array} \right\} - \left\{ \begin{array}{l} + \frac{q_{s1}}{\left(X_t + \frac{L_s - L_t}{2}\right)^2} \\ + \frac{q_{s1}}{\left(X_t + \frac{L_t - L_s}{2}\right)^2} \\ + \frac{q_{s2}}{\left(\delta + \frac{L_s}{2} + \frac{3L_t}{2} - X_t\right)^2} \\ + \frac{q_{s2}}{\left(\delta + \frac{3L_s}{2} + \frac{L_t}{2} - X_t\right)^2} \end{array} \right\} \vec{e}_{ox} \quad (3.4)$$

[0157] 式中

[0158] $-X_t \in \left[\frac{L_s + L_t}{2}; \delta + \frac{L_s + L_t}{2} \right]$ 为转换器位置

[0159] $-\delta = d - L_s - L_t$ 为转换器路程

$$[0160] - \left\{ \begin{array}{l} q_{s1} = \frac{\chi_{vs} N_s I_s \pi R_s^2}{2\sqrt{(R_s^2 + L_s^2)}} \\ q_{s2} = \frac{\chi_{vs} N_s I_s \pi R_s^2}{2\sqrt{(R_s^2 + L_s^2)}} \\ q_t = \frac{\chi_{vt} N_t I_t \pi R_t^2}{2\sqrt{(R_t^2 + L_t^2)}} \end{array} \right\}$$

[0161] 此外,还计算根据图2所示在定子和转换器极化时出现的受力状态。在图2中所示

转换器的极化也被称为转换器的“正”极化,即磁偶极矩 \vec{m}_i 的取向为 \vec{e}_{ox} 方向。

[0162] 从方程(3.1)和方程(3.2)得到方程(3.2'):

$$[0163] \left\{ \begin{array}{l} \vec{m}_{s1} = +\frac{\chi_{v1} N_s I_s \pi R_s^2 L_s}{2\sqrt{(R_s^2 + L_s^2)}} \vec{e}_{ox} \\ \vec{m}_{s2} = +\frac{\chi_{v2} N_s I_s \pi R_s^2 L_s}{2\sqrt{(R_s^2 + L_s^2)}} \vec{e}_{ox} \\ \vec{m}_t = -\frac{\chi_{vt} N_t I_t \pi R_t^2 L_t}{2\sqrt{(R_t^2 + L_t^2)}} \vec{e}_{ox} \end{array} \right\} \text{和} \left\{ \begin{array}{l} q_{s1} = \frac{\chi_{v1} N_s I_s \pi R_s^2}{2\sqrt{(R_s^2 + L_s^2)}} \\ q_{s2} = \frac{\chi_{v2} N_s I_s \pi R_s^2}{2\sqrt{(R_s^2 + L_s^2)}} \\ q_t = \frac{\chi_{vt} N_t I_t \pi R_t^2}{2\sqrt{(R_t^2 + L_t^2)}} \end{array} \right\} \quad (3.2')$$

[0164] 用具有根据图1的转换器极化的定子和转换器之间相互作用产生的力 $\vec{F}_{\text{ext}}(X_t)$ 和在根据图2的转换器极化时的模拟力 $\vec{F}_{\text{ext}}(X_t)$ 通过磁极间的相互作用产生以下关系式:

$$[0165] \left\{ \begin{array}{l} \vec{F}_{s1ta}(X_t) = -\vec{F}_{s1at}(X_t) \\ \vec{F}_{s1tb}(X_t) = -\vec{F}_{s1bt}(X_t) \\ \vec{F}_{s1ta}(X_t) = -\vec{F}_{s1at}(X_t) \\ \vec{F}_{s1tb}(X_t) = -\vec{F}_{s1bt}(X_t) \end{array} \right\} \text{和} \left\{ \begin{array}{l} \vec{F}_{s2ta}(X_t) = -\vec{F}_{s2at}(X_t) \\ \vec{F}_{s2tb}(X_t) = -\vec{F}_{s2bt}(X_t) \\ \vec{F}_{s2ta}(X_t) = -\vec{F}_{s2at}(X_t) \\ \vec{F}_{s2tb}(X_t) = -\vec{F}_{s2bt}(X_t) \end{array} \right\}, \text{由此得到}$$

$$[0166] \vec{F}_{\text{TOT}}(X_t) = \sum_{\substack{i=a,b \\ j=a,b}} \vec{F}_{s1ij}(X_t) + \sum_{\substack{i=a,b \\ j=a,b}} \vec{F}_{s2ij}(X_t) = -\left\{ \sum_{\substack{i=a,b \\ j=a,b}} \vec{F}_{s1ij}(X_t) + \sum_{\substack{i=a,b \\ j=a,b}} \vec{F}_{s2ij}(X_t) \right\} = -\left\{ \vec{F}_{\text{TOT}}(X_t) \right\}$$

[0167] 适用于图1所示条件是在考虑到

[0168] $-N_x$ 为转换器或定子线圈的绕组数,

[0169] $-L_x$ 为定子或转换器的长度,单位米(m),

[0170] $-R_x$ 为定子或转换器的半径,单位米(m),

[0171] $-I_x$ 为转换器或定子线圈内的电流强度,单位安培(A),

[0172] $-X_{vx}$ 为定子或转换器的铁磁芯的体积磁化率,

[0173] 一定子#1被极化,使得 $\vec{m}_{s1} = -\|\vec{m}_{s1}\| \vec{e}_{ox}$ 成立,

[0174] 一定子#2被极化,使得 $\vec{m}_{s2} = +\|\vec{m}_{s2}\| \vec{e}_{ox}$ 成立。

$$[0175] \quad \vec{F}_{TOT}(X_t) = \frac{\mu_0 q_t}{4\pi} \left\{ \begin{array}{l} \frac{q_{s1}}{\left(X_t + \frac{L_s + L_t}{2}\right)^2} \\ + \frac{q_{s1}}{\left(X_t - \frac{L_s + L_t}{2}\right)^2} \\ + \frac{q_{s2}}{\left(\delta + \frac{L_s + L_t}{2} - X_t\right)^2} \\ + \frac{q_{s2}}{\left(\delta + 3\frac{L_s + L_t}{2} - X_t\right)^2} \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} + \frac{q_{s1}}{\left(X_t + \frac{L_s - L_t}{2}\right)^2} \\ + \frac{q_{s1}}{\left(X_t + \frac{L_t - L_s}{2}\right)^2} \\ + \frac{q_{s2}}{\left(\delta + \frac{L_s}{2} + \frac{3L_t}{2} - X_t\right)^2} \\ + \frac{q_{s2}}{\left(\delta + \frac{3L_s}{2} + \frac{L_t}{2} - X_t\right)^2} \end{array} \right\} \vec{P}_{translator} \quad (3.6)$$

[0176] 式中

[0177] $-\vec{P}_{translator} = \pm \vec{e}_{Ox}$ 为转换器的磁偶极矩方向 ($\vec{m}_t = \|\vec{m}_t\| \vec{P}_{translator}$)。所述方向由转换器内的交流电压 I_t 的方向来给定。

$$[0178] \quad \left\{ \begin{array}{l} q_{s1} = \frac{\chi_{vs} N_s I_s \pi R_s^2}{2\sqrt{(R_s^2 + L_s^2)}} \\ q_{s2} = \frac{\chi_{vs} N_s I_s \pi R_s^2}{2\sqrt{(R_s^2 + L_s^2)}} \\ q_t = \frac{\chi_{vt} N_t I_t \pi R_t^2}{2\sqrt{(R_t^2 + L_t^2)}} \end{array} \right\} \text{为磁极强度,}$$

[0179] $-X_t \in J \frac{L_s + L_t}{2}; \delta + \frac{L_s + L_t}{2} l$ 为转换器位置,

[0180] $-\delta = d - L_s - L_t$ 为转换器的路程,

[0181] $-d = \|\vec{OO}_2\|$ 为定子间的预定距离。

[0182] 当电磁体的长度相等 $L_s = L_t = L$ 时, 方程(3.6)可以简化如下:

$$[0183] \quad \vec{F}_{TOT}(X_t) = \frac{\mu_0 q_t}{4\pi} \left\{ \begin{array}{l} \frac{q_{s1}}{(X_t + L)^2} \\ + \frac{q_{s1}}{(X_t - L)^2} \\ + \frac{q_{s2}}{(\delta + L - X_t)^2} \\ + \frac{q_{s2}}{(\delta + 3L - X_t)^2} \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} + \frac{2q_{s1}}{X_t^2} \\ + \frac{2q_{s2}}{(\delta + 2L - X_t)^2} \end{array} \right\} \vec{P}_{translator} \quad (3.7)$$

[0184] 进一步的讨论是以所作的简化为基础, 即磁体的极强度恒定不变, 即使得实际上转换器在定子间运动时磁感应场(Ox)延伸。

[0185] 方程(4.1a)成立

[0186] $\vec{B}_{TOT}(X_t, x)_{Ox} = \vec{B}_{s1}(x)_{Ox} + \vec{B}_{s2}(x)_{Ox} + \vec{B}_t(X_t, x)_{Ox}$ (4.1a) 式中

[0187] $-\vec{B}_{TOT}(X_t, x)_{Ox}$ 为轴(0x)上x位置的总感应场, 此时转换器到达位置 X_t ,

[0188] $-\vec{B}_{s1}(x)_{Ox}$ 为(0x)轴上x位置的第一定子的感应场,

[0189] $-\vec{B}_{s2}(x)_{Ox}$ 为(0x)轴上x位置的第二定子的感应场,

[0190] $-\vec{B}_t(X_t, x)_{Ox}$ 为(0x)轴x上 X_t 位置的转换器的感应场。

[0191] 磁感应场的幅度已通过方程(2.1)来定义, 从中可推导出第一定子与转换器之间的磁感应场的幅度。

$$\begin{aligned} \|\vec{B}_{s1}(x)_{Ox}\| &= \mu_{s1} \frac{N_{s1} I_{s1}}{4a_{s1}} \left\{ \frac{(x+a_{s1})}{\sqrt{(R_{s1}^2 + (x+a_{s1})^2)}} - \frac{(x-a_{s1})}{\sqrt{(R_{s1}^2 + (x-a_{s1})^2)}} \right\} \\ \|\vec{B}_{s2}(x')_{Ox}\| &= \mu_{s2} \frac{N_{s2} I_{s2}}{4a_{s2}} \left\{ \frac{(x'+a_{s2})}{\sqrt{(R_{s2}^2 + (x'+a_{s2})^2)}} - \frac{(x'-a_{s2})}{\sqrt{(R_{s2}^2 + (x'-a_{s2})^2)}} \right\} \quad (4.1b) \\ \|\vec{B}_t(x'')_{Tx}\| &= \mu_t \frac{N_t I_t}{4a_t} \left\{ \frac{(x''+a_t)}{\sqrt{(R_t^2 + (x''+a_t)^2)}} - \frac{(x''-a_t)}{\sqrt{(R_t^2 + (x''-a_t)^2)}} \right\} \end{aligned}$$

[0193] 式中

[0194] $-x$ 为轴(0x)上的位置且根据它来计算 $\|\vec{B}_{s1}(x)_{Ox}\|$,

[0195] $-x'$ 为轴(0₂x)上的位置且根据它来计算 $\|\vec{B}_{s2}(x')_{Ox}\|$,

[0196] $-x''$ 为轴(Tx)上的位置且根据它来计算 $\|\vec{B}_t(x'')_{Tx}\|$ 。

[0197] 在把 $\begin{cases} x' = x - d \\ x'' = x - X_t \end{cases}$ 作为变量变化使用时, 可用 $\begin{cases} \vec{0}_2 M = \vec{0}_2 0 + \vec{0} M \\ \vec{T} M = \vec{T} 0 + \vec{0} M \end{cases}$ 来表示 $\|\vec{B}_{s2}(x)_{Ox}\|$

和 $\|\vec{B}_{s1}(x)_{Ox}\|$:

$$\begin{aligned} \|\vec{B}_{s1}(x)_{Ox}\| &= \mu_{s1} \frac{N_{s1} I_{s1}}{4a_{s1}} \left\{ \frac{(x+a_{s1})}{\sqrt{(R_{s1}^2 + (x+a_{s1})^2)}} - \frac{(x-a_{s1})}{\sqrt{(R_{s1}^2 + (x-a_{s1})^2)}} \right\} \\ \|\vec{B}_{s2}(x)_{Ox}\| &= \mu_{s2} \frac{N_{s2} I_{s2}}{4a_{s2}} \left\{ \frac{(x-d+a_{s2})}{\sqrt{(R_{s2}^2 + (x-d+a_{s2})^2)}} - \frac{(x-d-a_{s2})}{\sqrt{(R_{s2}^2 + (x-d-a_{s2})^2)}} \right\} \quad (4.2a) \\ \|\vec{B}_t(X_t, x)_{Ox}\| &= \mu_t \frac{N_t I_t}{4a_t} \left\{ \frac{(x-X_t+a_t)}{\sqrt{(R_t^2 + (x-X_t+a_t)^2)}} - \frac{(x-X_t-a_t)}{\sqrt{(R_t^2 + (x-X_t-a_t)^2)}} \right\} \end{aligned}$$

[0199] 在(0x)轴上, 感应场的取向与磁偶极矩的方向相同。鉴于考虑到:

$$\vec{B}_{TOT}(X_t, x)_{Ox} = \|\vec{B}_{s1}(x)_{Ox}\| - \|\vec{B}_{s2}(x)_{Ox}\| \vec{e}_{Ox} + \|\vec{B}_t(X_t, x)_{Ox}\| \vec{p}_t \quad (4.2b)$$

[0201] 式中

[0202] $-\vec{e}_{Ox}$ 为轴(0x)方向的单位矢量

[0203] $-\vec{p}_{\text{translator}} = \pm \vec{e}_{OX}$ 为转换器的磁偶极矩方向，

[0204] 由此得到 $(\vec{m}_t = \|\vec{m}_t\| \vec{p}_{\text{translator}})$ 。

[0205] 所述方向通过转换器内交流电压 U_t 的方向来给定。概括方程(1.4)、(1.6)和(2.5)得到：

$$[0206] \quad q_m = \frac{\|\vec{M}\|V}{L} = \|\vec{M}\| \pi R^2 = \frac{\chi_s}{\mu} \pi R^2 \|\vec{B}\| = \frac{\mu_r - 1}{\mu_0 \mu_r} \pi R^2 \|\vec{B}\| \quad (4.3a)$$

[0207] 因为

$$[0208] \quad \text{定子\#1:} \left\{ \begin{array}{l} q_{s1a}(X_t) = \frac{\mu_{rs} - 1}{\mu_0 \mu_{rs}} \pi R_s^2 \|\vec{B}_{\text{TOT}}(X_t, x = -a_s)\| \\ q_{s1b}(X_t) = \frac{\mu_{rs} - 1}{\mu_0 \mu_{rs}} \pi R_s^2 \|\vec{B}_{\text{TOT}}(X_t, x = +a_s)\| \end{array} \right\} \quad (4.4a)$$

$$[0209] \quad \text{定子\#2:} \left\{ \begin{array}{l} q_{s2a}(X_t) = \frac{\mu_{rs} - 1}{\mu_0 \mu_{rs}} \pi R_s^2 \|\vec{B}_{\text{TOT}}(X_t, x = d - a_s)\| \\ q_{s2b}(X_t) = \frac{\mu_{rs} - 1}{\mu_0 \mu_{rs}} \pi R_s^2 \|\vec{B}_{\text{TOT}}(X_t, x = d + a_s)\| \end{array} \right\} \quad (4.4b)$$

$$[0210] \quad \text{转换器:} \left\{ \begin{array}{l} q_w(X_t) = \frac{\mu_{rt} - 1}{\mu_0 \mu_{rt}} \pi R_t^2 \|\vec{B}_{\text{TOT}}(X_t, x = X_t - a_t)\| \\ q_{wb}(X_t) = \frac{\mu_{rt} - 1}{\mu_0 \mu_{rt}} \pi R_t^2 \|\vec{B}_{\text{TOT}}(X_t, x = X_t + a_t)\| \end{array} \right\} \quad (4.4c)$$

[0211] 因此方程(3.6)变成：

$$[0212] \quad \vec{F}_{\text{TOT}}(X_t) = \frac{\mu_0}{4\pi} \left\{ \begin{array}{l} \frac{q_{s1a}(X_t)q_{wb}(X_t)}{\left(X_t + \frac{L_s + L_t}{2}\right)^2} \\ + \frac{q_{s1b}(X_t)q_{wa}(X_t)}{\left(X_t - \frac{L_s + L_t}{2}\right)^2} \\ + \frac{q_{s2a}(X_t)q_{wb}(X_t)}{\left(\delta + \frac{L_s + L_t}{2} - X_t\right)^2} \\ + \frac{q_{s2b}(X_t)q_{wa}(X_t)}{\left(\delta + 3\frac{L_s + L_t}{2} - X_t\right)^2} \end{array} \right\} + \left\{ \begin{array}{l} + \frac{q_{s1a}(X_t)q_{wa}(X_t)}{\left(X_t + \frac{L_s - L_t}{2}\right)^2} \\ + \frac{q_{s1b}(X_t)q_{wb}(X_t)}{\left(X_t + \frac{L_t - L_s}{2}\right)^2} \\ + \frac{q_{s2a}(X_t)q_{wa}(X_t)}{\left(\delta + \frac{L_t}{2} + \frac{3L_s}{2} - X_t\right)^2} \\ + \frac{q_{s2b}(X_t)q_{wb}(X_t)}{\left(\delta + \frac{3L_s}{2} + \frac{L_t}{2} - X_t\right)^2} \end{array} \right\} \vec{p}_{\text{translator}} \quad (4.5)$$

[0213] 式中

[0214] $-X_t \in]\frac{L_s + L_t}{2}; \delta + \frac{L_s + L_t}{2}[$ 为转换器位置，

[0215] $-\delta = d - L_s - L_t$ 为转换器的运动路程，

[0216] $-d = \|\vec{OO}_2\|$ 为定子中心之间的距离。

[0217] 使用方程(4.4a)来计算第一定子的磁极强度，使用方程(4.4b)来计算第二定子的

磁极强度,以及使用方程(4.4c)来计算转换器的磁极强度。磁极强度的计算包括计算两极上的总磁感应场。这是通过使用方程(4.2a)和(4.2b)来进行的。

[0218] 方程(4.5)是依赖于定子间转换器的位置的函数。作用于转换器的受力状态由在第一定子与转换器之间作用的斥力和在第二定子与转换器之间作用的引力所组成。各个力的相关性在下面的图3a、3b、3c中进行描述。

[0219] 上面的数学表达还表明,将转换器置于定子的位置时,引力和-在将定子或转换器的极性翻转之后的-斥力大小不一样。

[0220] 根据本发明的磁性装置以此为基础,即通过将定子或转换器的极化来得到的受力状态,所述受力状态作用于转换器并致使它运动。

[0221] 本发明所述磁性装置的实施方式能够是将定子构造成永磁体,将转换器构造成电磁体。

[0222] 在将根据本发明的磁性装置用作磁致动器时,所述实施方式具有以下缺点,即连接转换器与电源的电缆由于与转换器机械耦合因此至少在部分区域有可能移动。但是在使用 $n=1,2,3\dots$ 个定子和 $n-1$ 个布置在定子间的转换器时,将转换器构造成电磁体的这种结构要求将小于 n 个定子的 $n-1$ 个转换器的极性翻转。

[0223] 根据本发明的磁性装置的另一个实施方式能够是将定子构造成电磁体,将转换器构造成永磁体。

[0224] 将根据本发明的磁性装置用作磁致动器时,该实施方式的特征在于,定子被不可活动地与电源耦合。这样做的优点在于,连接电源与定子的电缆不运动。但在使用 $n=1,2,3\dots$ 个定子和 $n-1$ 个布置在定子间的转换器时,将定子构造成电磁体的这种结构要求将大于 $n-1$ 个转换器的 n 个定子的极性翻转。

[0225] 定子和转换器可构造成电磁体或永磁体。

[0226] 将至少一个定子和转换器构造成永磁体涉及应用阻抗元件的情况。在这种情况下,通过激活定子和转换器的同极性磁极之间的斥力来限制定子转动。

[0227] 根据本发明的磁性装置有可能的实施方式是,定子由多个定子单磁体组成和/或转换器由多个转换器单磁体组成。

[0228] 优选地将单磁体布置成,使得通过各磁场的重叠来获得较大的引力或斥力,所述引力或斥力在定子和转换器之间作用。

[0229] 控制装置可具有定位在定子和转换器之间的间隔元件和/或限制转换器运动的机械强制系统。

[0230] 间隔元件可具有开关,通过该开关来激活定子和/或转换器的极性变化,和/或激活定子或转换器的磁极强度改变。

[0231] 控制装置可具有距离测量设备和/或时间测量设备,借助所述控制装置可根据转换器相对于定子的位置和/或根据时间段来改变定子和/或转换器的极性和/或改变定子和/或转换器的场强。

[0232] 根据本发明的磁性装置的实施方式具有至少一个控制单元,所述控制单元控制转换器相对于定子的位置。所述控制装置与位置测量设备耦合,所述位置测量设备根据现有技术的测量方法,特别是距离测量法和位置测量法来测量转换器相对于定子的位置,并且如有必要根据转换器相对于定子的位置来调节定子或转换器的极化。

[0233] 控制装置不局限于测量转换器的预定位置或确定转换器到达预定位置。控制装置可具有其它的装置,例如位置测量装置或速度测量装置,用于测量转换器的位置或转换器在任意位置的转换器速度。

[0234] 对于控制特别是在转换器的速度较高时在具有到定子的预定距离的位置处的转换器的运动,测量转换器的位置和在任意位置的速度是有好处的,尤其是在具有到定子的预定距离的位置处必须降低转换器的速度或必须加速转换器。

[0235] 确定转换器的位置不局限于测量转换器相对于定子的位置。转换器位置的确定可相对任意基准点来进行。

[0236] 根据本发明的磁性装置的另一个实施方式的特征在于,所述转换器与机械强制系统(例如曲柄轴)耦合,通过所述强制系统来控制转换器运动,更确切地说是在保持定子与转换器间间距的情况下控制转换器的最大运动幅度。所述机械强制系统可能与用通过本发明的磁性装置驱动的元素(例如轮)耦合或被构造成轮。

[0237] 当转换器作线性运动时有可能这样布置,即在定子处的定子单磁体和/或在转换器处的转换器单磁体沿描述多边形的线路,环绕平行于转换器运动方向的多边形的轴来布置。

[0238] 转换器运动方向和被相应的磁场激活的引力和斥力彼此平行。

[0239] 在转换器旋转运动时,定子单磁体和/或转换器单磁体具有的可能布置是,在定子或转换器处的单磁体沿描述多边形的线路,环绕平行于转换器运动方向的轴来布置。

[0240] 相应的转换器运动方向和被相应的磁场激活的引力和斥力彼此平行。

[0241] 转换器可通过至少一个导向单元相对于定子可活动地安装,其中导向单元的导向轴在两个直接相邻的定子单磁体区域中与定子相交且在两个直接相邻的转换器单磁体区域中与转换器相交。

[0242] 通过按照本发明来布置导向单元,各单磁体的磁场不会因导向单元的存在而受到干扰。

[0243] 在定子和与定子相距最大距离为d位置处的转换器之间延伸的容积空间可以是真空的。

[0244] 通过根据本发明构造真空或降低了气压的区域降低了阻碍转换器运动的空气阻力。将根据本发明的磁性装置布置在气密壳体中以便形成真空,其中驱动轴、电线等从所述壳体中穿过。

[0245] 1 定子

[0246] 2 转换器

[0247] 3 驱动轴

[0248] 4 定子单磁体

[0249] 5 转换器单磁体

[0250] 6 转换器运动方向

[0251] 7 导向单元

[0252] 8 导向轴

[0253] 9 轴

[0254] 10 多边形

- [0255] 11 电线
- [0256] 12 引力
- [0257] 13 斥力
- [0258] 14 定子支架
- [0259] 15 支架结构
- [0260] 16 定子位置
- [0261] 17 垫圈
- [0262] 18 垫圈中心
- [0263] 19,19' 杆
- [0264] 20,20' 磁致动器
- [0265] 21 计算范围
- [0266] 22 芯
- [0267] 23 线圈

[0268] 图1和图2示出了作为磁致动器20的、根据本发明的磁性装置的实施方式,并包括说明书中使用的变量。

[0269] 图3a-3c示出了根据转换器位置到定子的距离的、作用在转换器上力的大小的曲线图。

[0270] 图4和图5示出了作为磁致动器的、根据本发明的磁性装置的另一个实施方式。

[0271] 图6示出了另一个与图1和图2所示实施方式类似的、作为磁致动器的、根据本发明的磁性装置的实施方式。

[0272] 图7示出了作为磁致动器的、根据本发明的磁性装置的另一个实施方式。

[0273] 图8说明了多个磁致动器有可能与驱动轴耦合。

[0274] 图9至图11示出了作为磁致动器的、根据本发明的磁性装置的另一个实施方式。

[0275] 图12示出了作为阻抗元件的、根据本发明的磁性装置的另一个实施方式。

[0276] 图13示出了根据本发明的磁性装置的一个实施方式的等距视图。

[0277] 图14示出了从顶部看图13所示出的根据本发明的磁性装置实施方式的与底视图相同的视图。

[0278] 图15示出了图13至图14所示的根据本发明的磁性装置的实施方式的侧剖视图。

[0279] 图16示出了在图13至图15中所示的磁性装置的FEM仿真时的元件的布置。

[0280] 图17至图18示出了FEM仿真的结果。

[0281] 图19和图20示出了FEM仿真图。

[0282] 图1和图2示出了作为磁致动器20的、根据本发明的磁性装置的实施方式,并包括在说明书中使用的变量。磁致动器20具有转换器2和布置在转换器2侧面的定子1、1'。定子1、1'和转换器2为电磁体,所述电磁体沿轴-在图1和图2中示例性示出的实施方式中,沿转换器3的驱动轴-对齐。定子1、1'和转换器2的偶极矩平行于此轴。

[0283] 为了交替反转转换器2的极性,要用电线11将所述转换器与未被示出的交流电源相连,而分别用其它电线11将定子1、1'与未被示出的直流电源相连。

[0284] 设定转换器2的极性,使得转换器2面向左边定子1的极性具有与所接近的、左边定子1的磁极相同的极性,由此来激活在左边定子1和转换器2之间的斥力13;转换器2面向右

边定子1'的磁极具有与所接近的、右边定子1'的磁极不同的极性,由此来激活在左边定子1和转换器2之间的引力 I_2 。引力 I_2 和斥力 I_3 作用于转换器2,并且作为所得受力状态使得转换器2在图1所示转换器运动方向6上从左至右运动,其中所述转换器运动方向6朝向定子1'。在转换器2的极性翻转后,转换器2在转换器运动方向6上从右至左运动,这将在图2中示出。

[0285] 在磁致动器20运行时,转换器2到定子1的距离始终为大于零的预定距离 r 。在根据本发明的磁致动器20运行时,该特征(参见权利要求1的特征部分)不包括转换器2与定子1、1'接触。距离 r 被定义为在转换器2和相应的定子1、1'彼此相对的磁极端部之间的距离。

[0286] 若转换器2在转换器运动方向6上往左作线性运动,则转换器2到达位置16。位置16是转换器2的线性运动的终端位置,并且其特征在于,该转换器2一方面具有与左边定子1相距的最小预定距离 r_1 ,而另一方面具有与右边定子1'相距的最大预定距离 r_2 。距离 r_1 和 r_2 要定义成,使得在将转换器2的极性翻转以便实施下图2中所示的转换器从左向右的运动之后,作用在转换器2上、且因转换器2和左边定子1直接相邻磁极的极性相同而产生的斥力最大。

[0287] 距离 r 通过控制单元预先给出,通过所述控制单元来改变构造成电磁体的转换器2的极性。当转换器2到达位置16时实现转换器2'极性的翻转,从而使得转换器2在与图1所示运动方向相反的方向上运动。通过改变定子1、1'的极性,以预定的能量水平来激活在转换器2与左边定子1之间的斥力,和在转换器2与右边定子1'之间的引力,由此可发生图2中示出的转换器2从右往左的运动。

[0288] 定子1由定子支架14保持在支架结构15上。

[0289] 转换器2与驱动轴3耦合,所述驱动轴在图1所示实施方式中也被用作转换器的导向单元7。导向单元7的导向轴8与转换器运动方向6平行。导向单元8通过定子1、1'和转换器2,其中定子1、1'和转换器2各自的磁场会因各自磁场中存在的导向单元8而受到干扰。

[0290] 在定子1、1'之间延伸的容积空间是真空的。为此,磁致动器20位于未被示出的壳体中。

[0291] 在图3a中公开的曲线图示出了在根据图1的转换器2运动时在转换器2与左边定子1之间的斥力 I_3 的相关性。在图3a以及在图3b和图3c中,转换器2与相应定子1、1'的间距表示在横坐标上,在纵坐标上表示施加在转换器2与定子1、1'之间的作用力。在图3a、3b和3c中公开的曲线图是基于按照说明书中所公开的方程来进行计算且具有如下假设:

$$[0292] \quad -\mu R_{s1} = \mu R_{s2} = \mu R_t = 100$$

$$[0293] \quad -N_{s1} = N_{s2} = N_t = 40$$

$$[0294] \quad -R_{s1} = R_{s2} = R_t = 0,02\text{m}$$

$$[0295] \quad -L_{s1} = L_{s2} = L_t = 0,04\text{m}$$

$$[0296] \quad -I_{s1} = I_{s2} = I_t = 1\text{A}$$

$$[0297] \quad -\text{转换器运动为}\delta = 0,04\text{m}。$$

[0298] 在 $X_t = 0,04\text{m}$ 位置处,转换器2有可能与左边定子1接触。在图3a中所示曲线图中, y 值的分布接近0。斥力 I_3 的最大值发生在距离为 ϵ 时。优选地,通过控制单元来设定转换器2的位置16,从而使得转换器2的零点到直接相邻定子1、1'的零点的距离为 ϵ_{\min} 。

[0299] 在图3b中所示的曲线图涉及间距与引力 I_3 的相关性,所述间距是指根据图1所示

的、转换器2到右边定子1'的距离。普遍的认识是,引力13会随转换器2靠右边定子1'越来越近而越来越大。

[0300] 图3c所示曲线图来源于图3a和图3b示出的曲线图。因此,在图3c中公开的曲线图显示了从斥力13和引力12的分布所得的受力状态,该受力状态与定子1、1'间的转换器2的位置相关,其中所得的受力状态在与轴平行的方向上,在图1和图2中则与驱动轴3平行。

[0301] 图4和图5示出了另一个与图1和图2类似的、作为磁致动器20的、根据本发明的磁性装置的实施方式。与图2中所示的实施方式相比,在图4和5中所示的另一个实施方式中,转换器2的极性在转换器2运动时保持不变,而定子1、1'的极性被改变。

[0302] 图6示出了与图4所示实施方式类似的实施方式,此实施方式不同于图4所示实施方式的是具有两个导向单元。相对于图4中所示实施方式的优点是,在定子1、1'和转换器2之间作用的磁场不会因导向单元7的存在而受到干扰。

[0303] 图7示出了在根据本发明的磁致动器20的另一个实施方式,其中转换器2旋转运动。磁致动器20具有四个扇形成形的转换器单磁体5,其以圆形10形状围绕驱动轴3和转换器转动轴布置,并且与其垂直。转换器单磁体5通过导向单元与驱动轴3机械耦合,从而使得转换器单磁体5构成转换器2。在转换器单磁体5之间的区域布置了四个同样为扇形成形的定子单磁体4,所述定子单磁体通过未被示出的机械连接耦合到定子1上。

[0304] 根据上面所公开的内容,定子单磁体4和转换器单磁体5彼此相对的磁极的极性不同或相同。

[0305] 在使用磁致动器20时,当转换器2旋转运动时则其总是与定子1间隔开来,其中转换器单磁体5的旋转运动方向6总是对着定子单磁体4。

[0306] 图8示出了将第一个根据本发明的磁致动器20与第二个根据本发明的磁致动器20'耦合。磁致动器20、20'的机械耦合经由垫圈17来进行,所述垫圈可转动地绕垫圈中心18安装。在垫圈17与磁致动器20、20'之间,因为几何形状的原因分别布置杆19,该杆在其一端与垫圈17根据垫圈中心18偏心铰接(exzentrisch),而杆在其另一端与相应的磁致动器20、20'铰接。

[0307] 磁致动器20、20'根据垫圈中心18固定安装,从而使得垫圈17的旋转运动由磁致动器20、20'产生的线性运动引发。通过杆19、19'的偏心安装来机械地控制磁致动器20、20'的转换器2作线性运动(图8中未示出)。

[0308] 图9至图11示出了磁致动器的实施方式的视图,所述磁致动器的特征在于将多个定子单磁体4布置在定子1、1'上以及将多个转换器单磁体5布置在转换器2上,此外还示出了转换器2和定子1、1'的细节视图。

[0309] 图9示出了在图9至图11中所示的根据本发明的磁致动器实施方式的顶视图。磁致动器具有两个沿轴9布置的定子1、1'。此外,还布置了两个导向单元7,通过这些导向单元将位于定子1、1'之间的转换器2相对于定子1、1'可移动地安装。此外,转换器2还与驱动轴3耦合,所述驱动轴穿过定子1、1'延伸到进行驱动的元素(未被示出)。支架结构15用于轴9和驱动轴3的支撑。

[0310] 图10示出了在图9至图11中所示的、根据本发明的磁致动器的实施方式的定子1的侧视图。定子1具有五个定子单磁体4,其旋转对称地围绕驱动轴3布置。所述定子单磁体4分别与转换器单磁体5相对地布置。

[0311] 图11示出了转换器2的侧视图。所述转换器2具有多个转换器单磁体5,其围绕正交于观察平面的驱动轴3沿多边形10旋转对称地布置。转换器单磁体5一方面被安装在驱动轴3上,而另一方面在转换器支架21上由转换器轴承22支撑。转换器轴承22是构成有尽可能小的截面的板条(Steg)。

[0312] 图12示出了根据本发明的磁致动器作为阻抗元件的另一个实施方式。其结构基本上与上面描述的实施方式类似,但是其中要将定子1、1'关于转换器2极化,从而使得在转换器2与定子1、1'的磁极之间的引力12和斥力13被激活。因此在定子之间经驱动轴3作用在转换器2上的外力而引起加速时,转换器2可在一路径上运动。

[0313] 图13示出了根据本发明的磁性装置的另一个实施方式的等距视图。所述磁性装置具有布置在两个转换器2之间的定子1,其中定子1与转换器2布置在模制成壳体的支架结构15的内部。在所述支架结构外部布置了驱动轴3。定子1与转换器2沿轴9布置,通过所述轴9可预先确定转换器运动方向6。

[0314] 转换器2要借助两个导向单元7来安装,并由所述导向单元7支撑,其中导向轴8与转换器运动方向6平行。导向单元8布置在转换器2的侧面,从而使得导向单元8不会干扰在转换器2和定子1之间作用的磁场。

[0315] 导向单元8由支架结构15支承。

[0316] 在图13中所示的磁性装置基本上具有上面所提到的特性,只要图13所示装置用到了这些特性。转换器2是N45磁铁。定子1是电磁体,其具有磁芯22和包裹该磁芯22的线圈23。

[0317] 图14显示了从顶部看图13所示出的根据本发明的磁性装置的与底视图相同的视图。上面所描述的图13的特征基本上在图14中可以看到。

[0318] 在图14中可以看出转换器2和定子1以及驱动轴3沿轴9布置。

[0319] 借助定子支架14将定子1安装在支架结构15上。定子1的磁芯22经支架结构15在轴9方向上延伸出来,从而使得在定子1与转换器2之间作用的磁场不会受到定子支架14的干扰。

[0320] 转换器支架24的形状(转换器2通过该转换器支架安装在导向单元7上)要与可被专业技术人员识别的力矩负载相一致并且还要与因转换器2的振动运动而产生的振动力相一致。

[0321] 在图15中示出了在图13和图14中所示的磁性装置的剖视图。除了上面提到的特征外还要列出计算范围21,采用有限元方法(简称:FEM)来计算所述范围的磁场强度分布。为了减少运算量,计算范围21只扩展到对称半部(Symmetriehälfte);对称轴在图15中与轴9相同。借助FEM的计算的结果(见图17和图18)在下面的段落中进行讨论。

[0322] 图16示出了对称半部的细节图,在借助FEM的计算中可观察所述对称半部。对称轴与轴9又再次相同。转换器2的对称半部列在图16中。

[0323] 定子1具有芯22和线圈23,其中又只列出了相应的对称半部。

[0324] 此外,在图16中还列出了计算区域21。

[0325] 在图17和图18中,描述了借助FEM的仿真的结果。FEM计算是基于这种设定,即定子被构造成90安的电磁体,转换器2被构造成1050kA/m的N45永磁体。

[0326] 在图17中示出了与定子相距的距离 $r=1.0\text{mm}$ 时转换器2的位置。虽然在定子1和转换器2之间作用的斥力13相当于大部分作用在转换器2上的转换力,但转换器2'与定子1之

间作用的引力 F_{12} 仍会致使转换器 $2'$ 运动。

[0327] 图18示出了转换器2在离定子1距离相等的位置借助于FEM的仿真的结果。

[0328] 图19示出了其中对借助FEM仿真计算出的转换力与试验装置上测得的转换力进行了比较的图像。在测量和仿真时,要将永久磁化为 1050.0kA/m 的转换器考虑进去。给定子施加 90A 以便在试验装置上进行测量。为了进行仿真考虑给定子施加 9A ,其中将所得到的值外推到施加 90A 。

[0329] 从图19的图形中可明显看出,以上面阐述的理论为基础的仿真和测量基本上一致。

[0330] 图20比较了用FEM仿真并且基于上述理论计算出来的转换力,并且这是在构造成永磁体的转换器进行不同磁化时进行的。将计算出来的转换力绘制在图中的y轴上,将转换器的位置绘制在x轴上。根据图20的图形,可识别出构造成永磁体的转换器在为定子施加 9A 时的磁化的影响,但外推到施加 90A 。在图形中列出的曲线“仿真力[N]”是曲线,且这条曲线描述了图形中其它曲线的大致分布情况。曲线“仿真力”也在图19的图形中作为“仿真力[N]”列出。

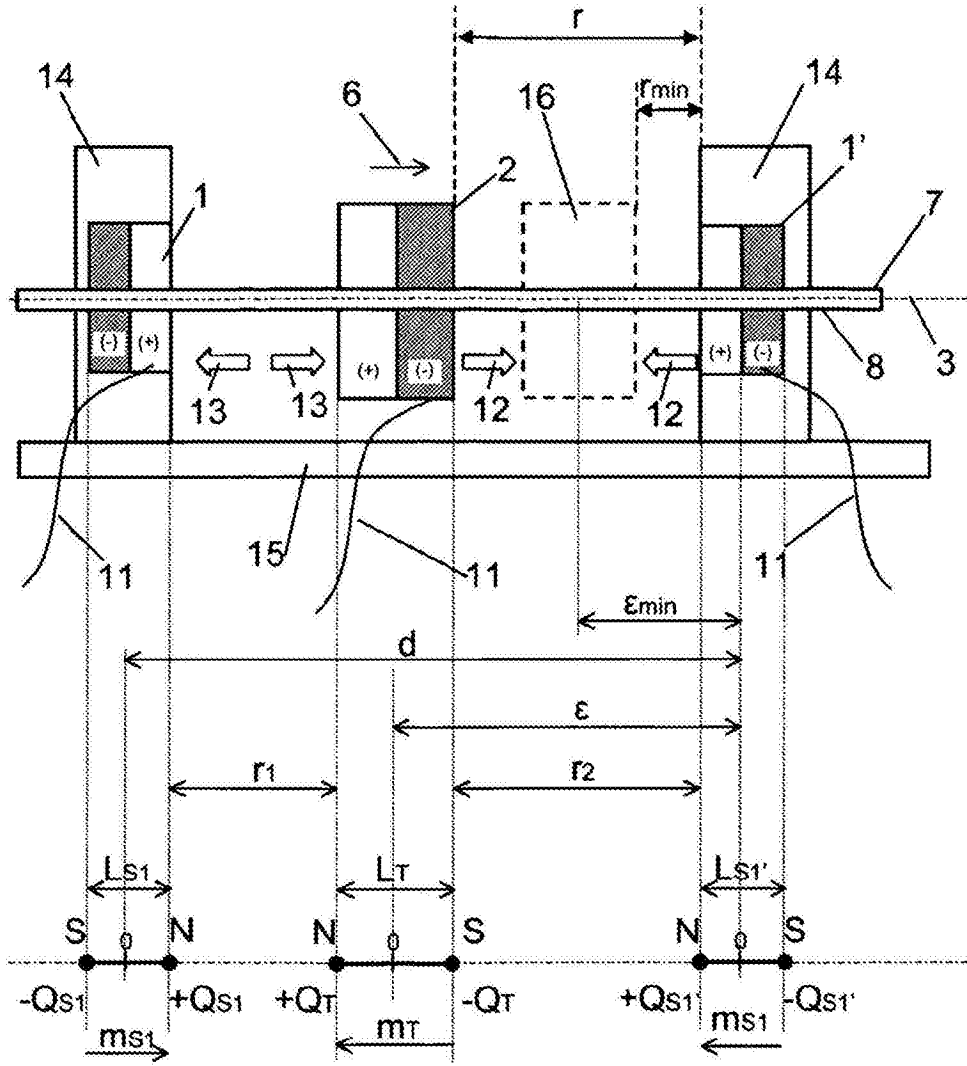


图1

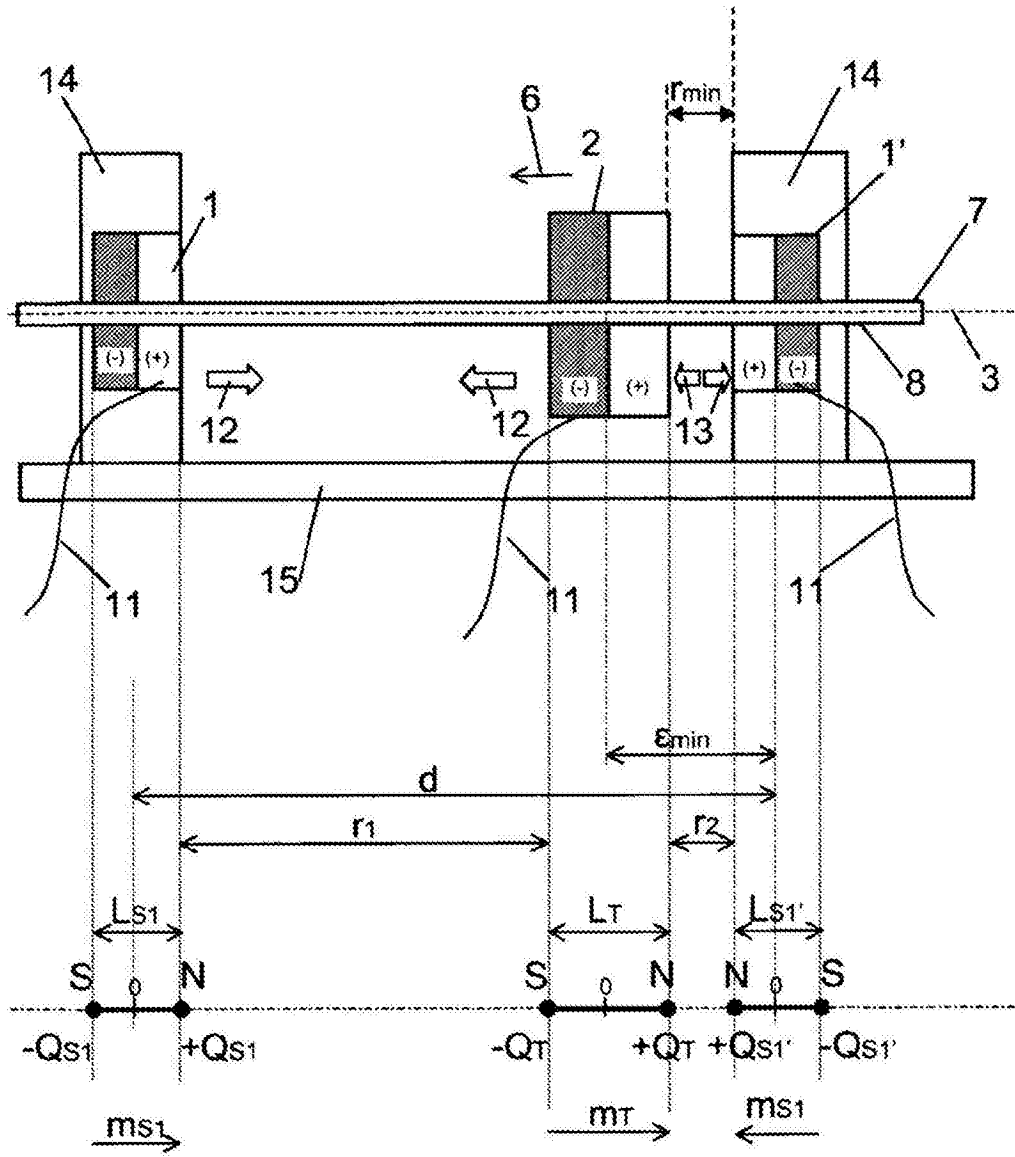


图2

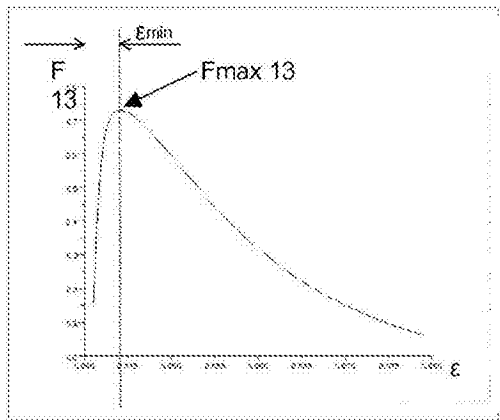


图3a

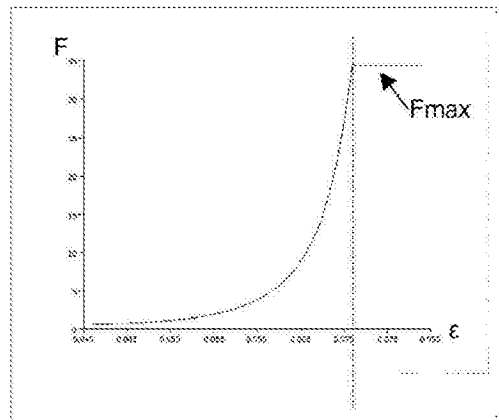


图3b

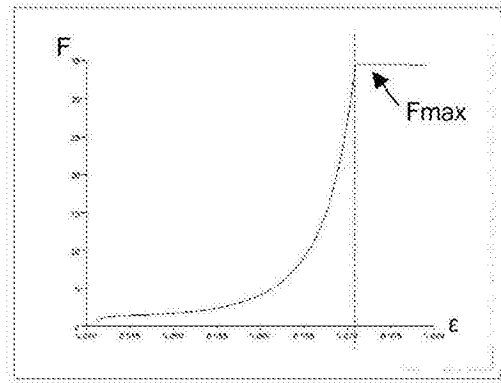


图3c

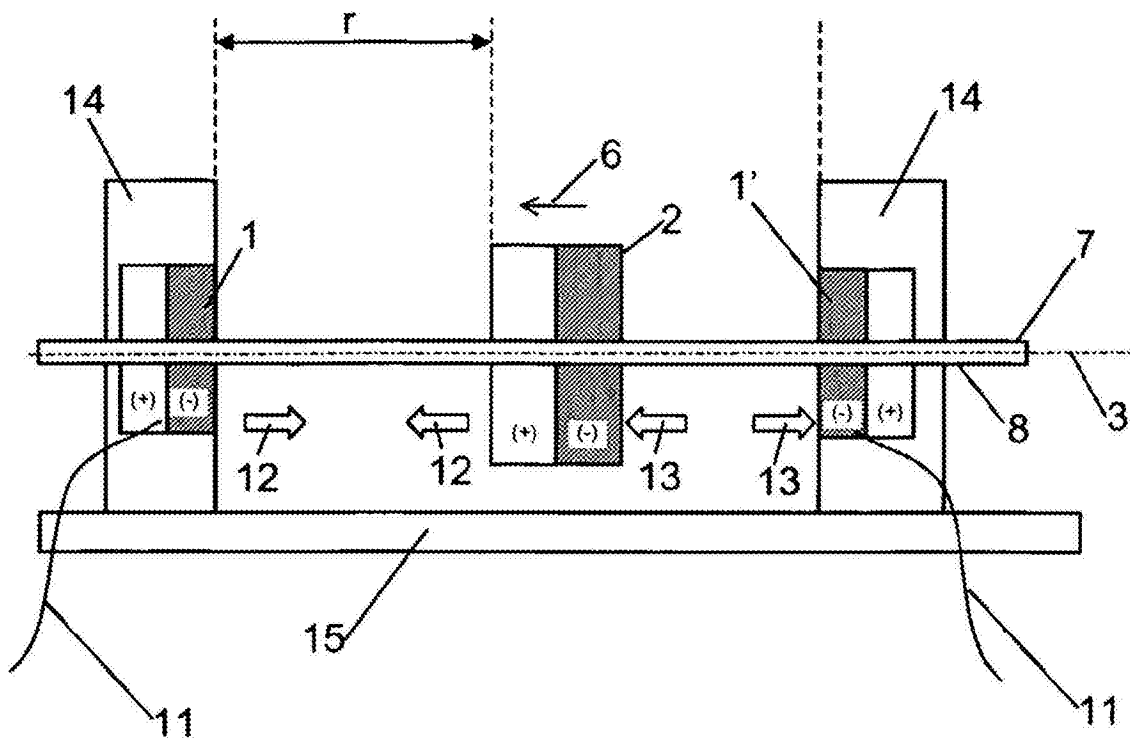


图4

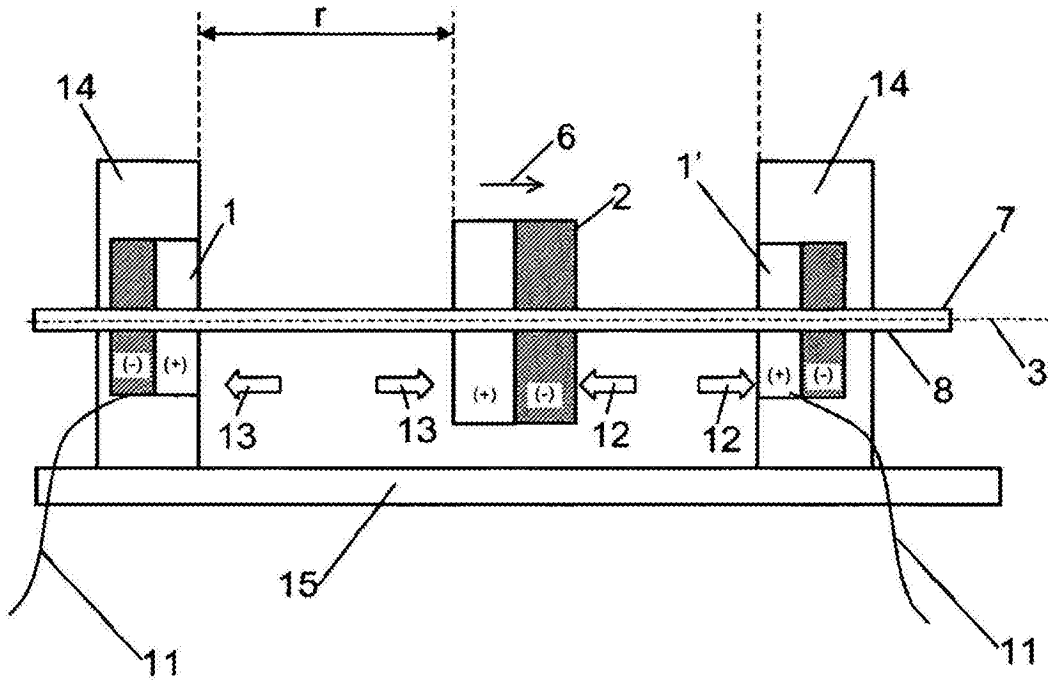


图5

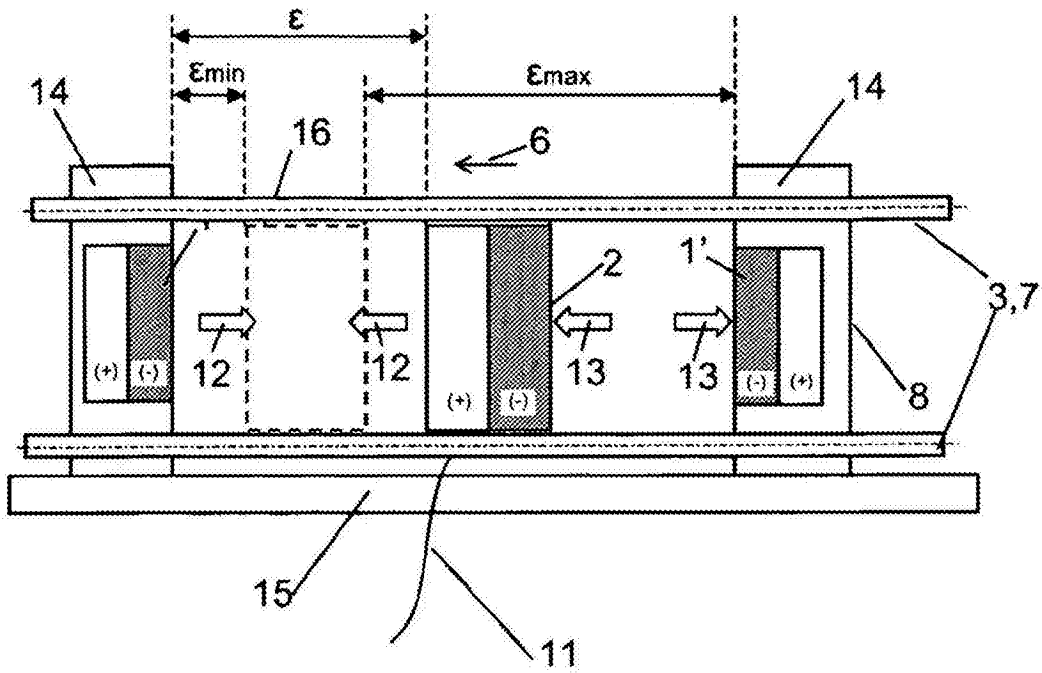


图6

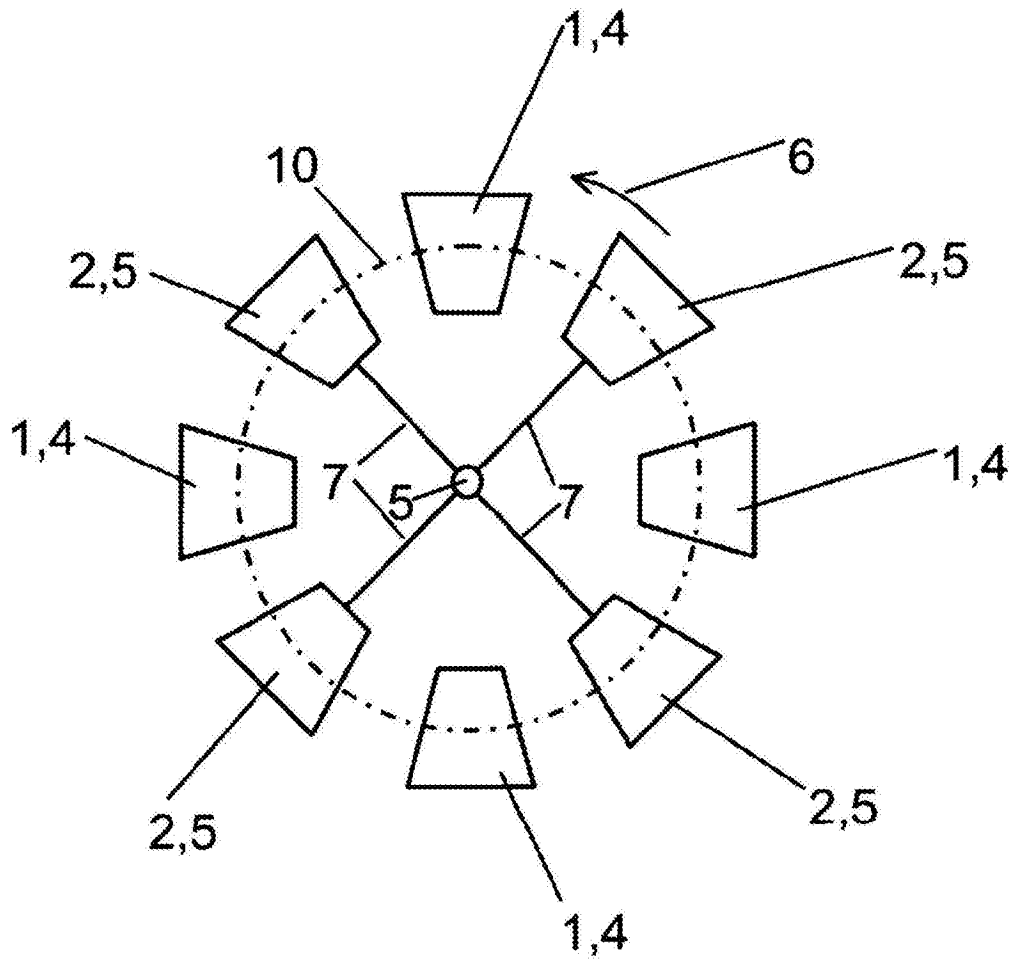


图7

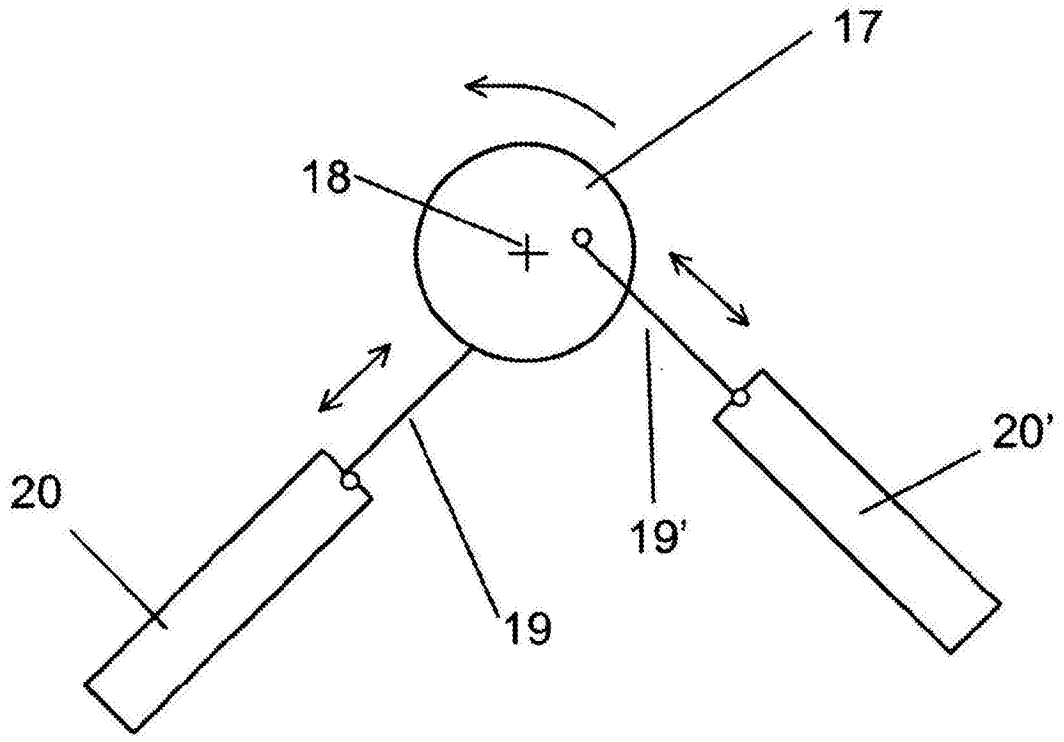


图8

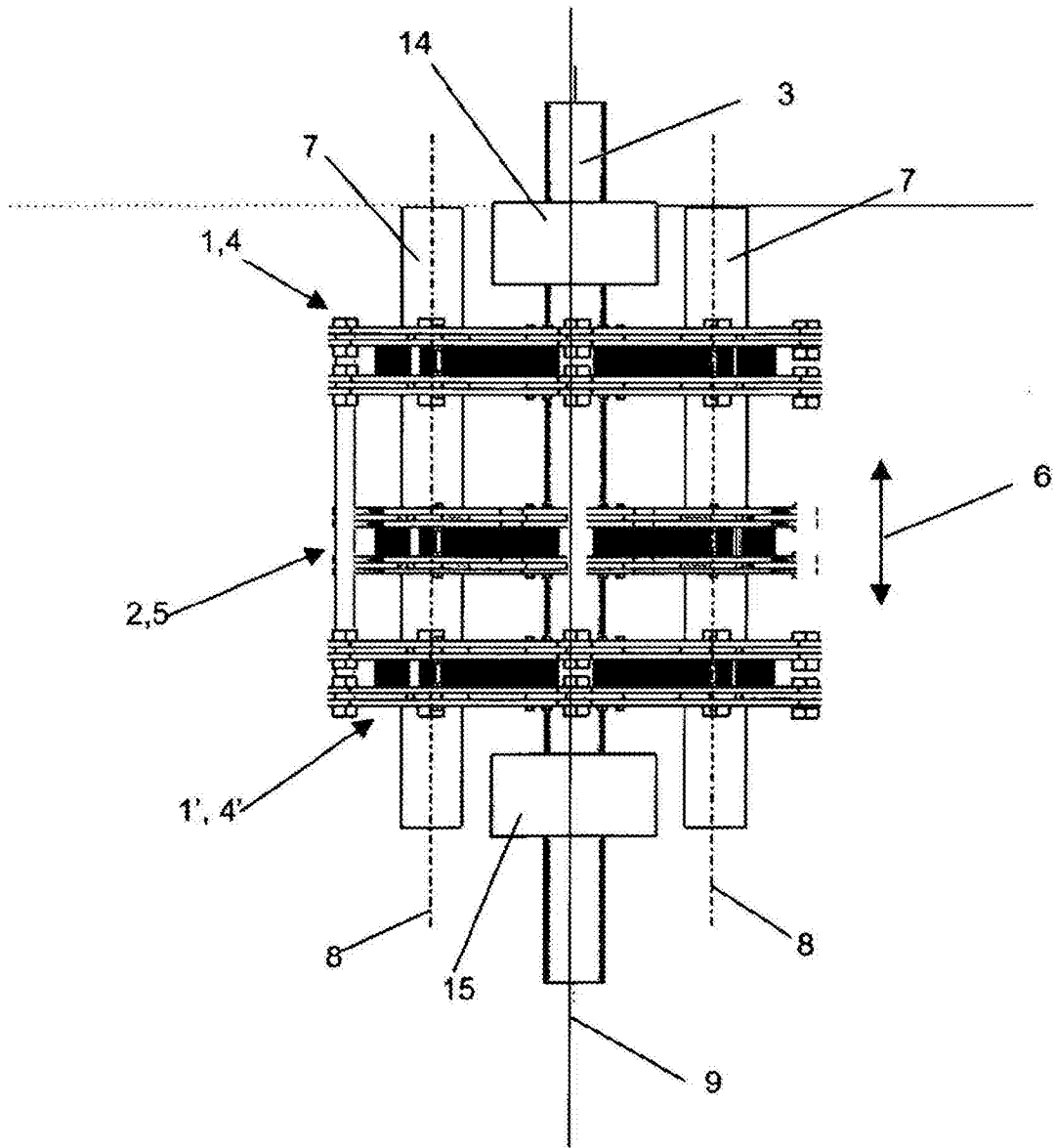


图9

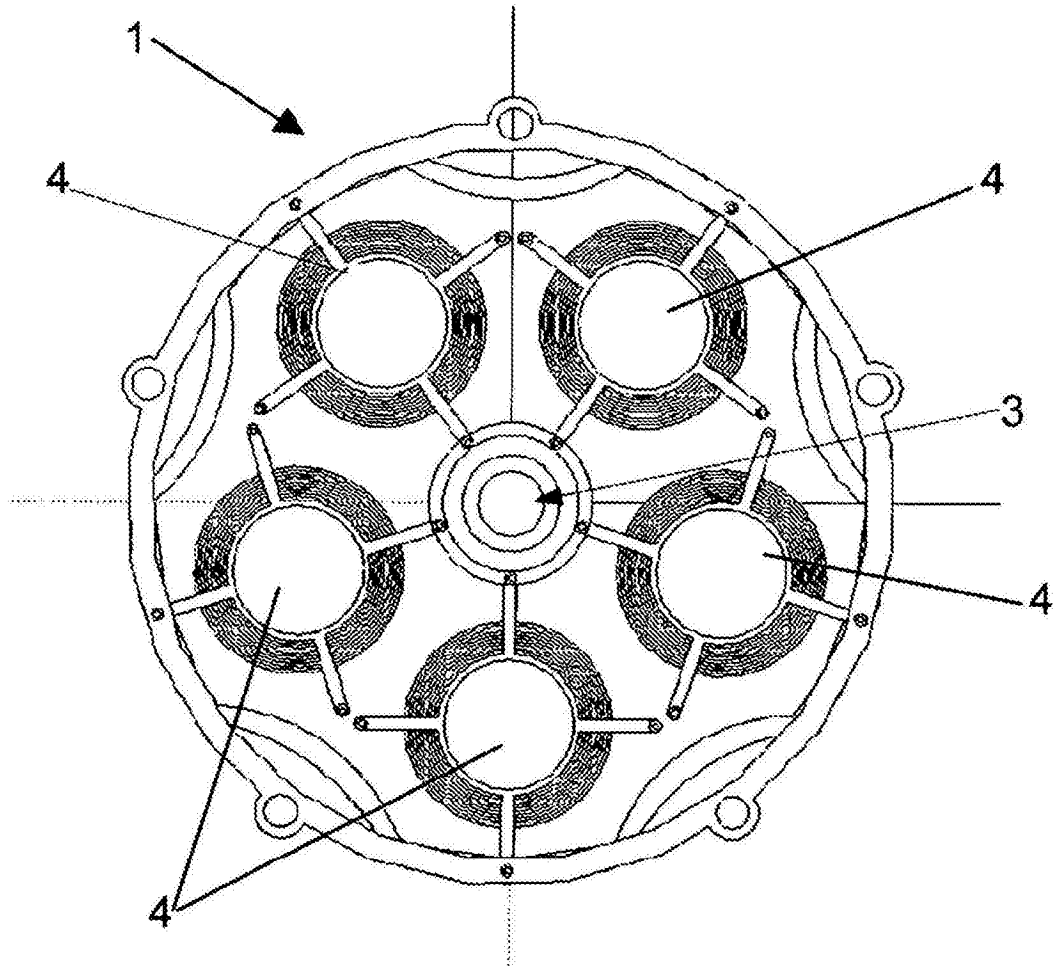


图10

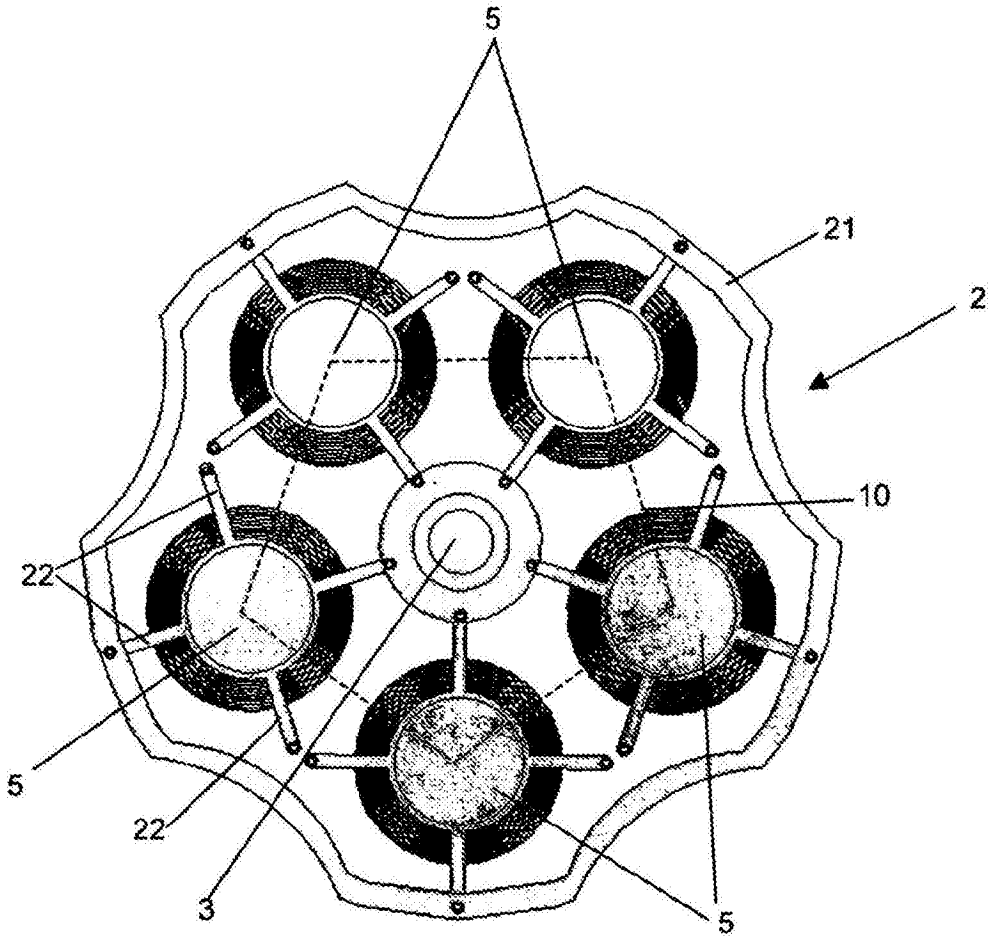


图11

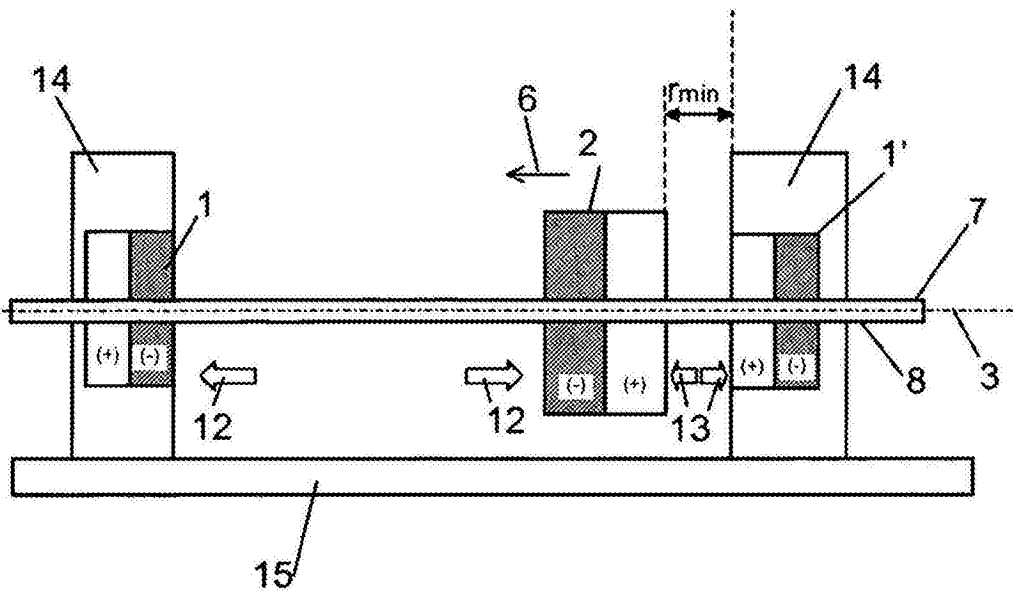


图12

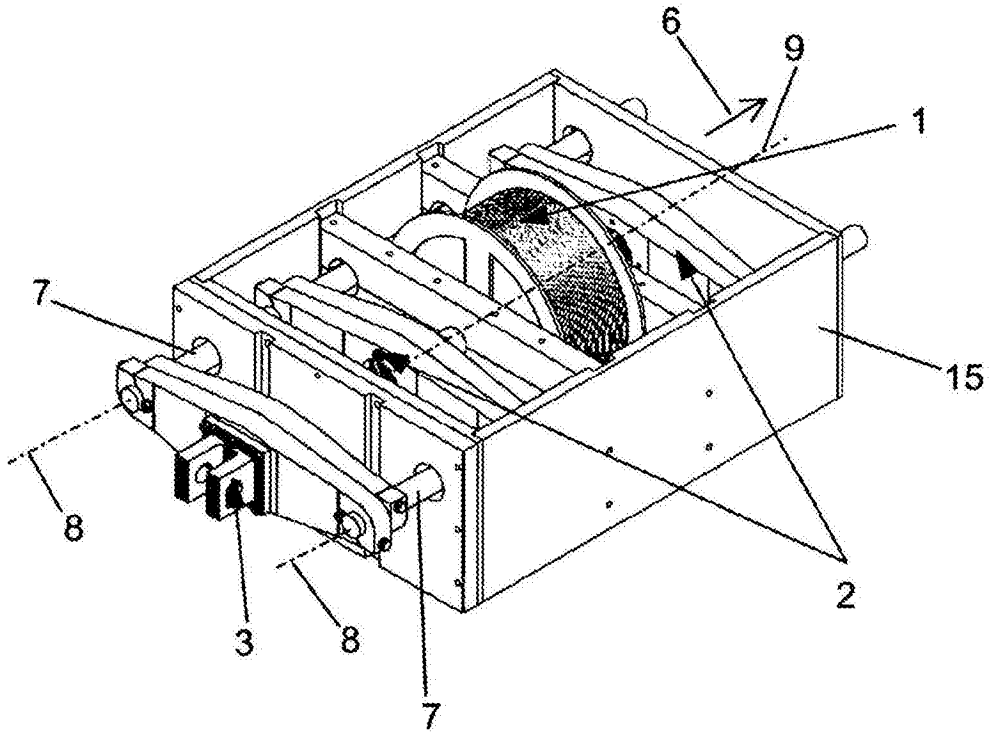


图13

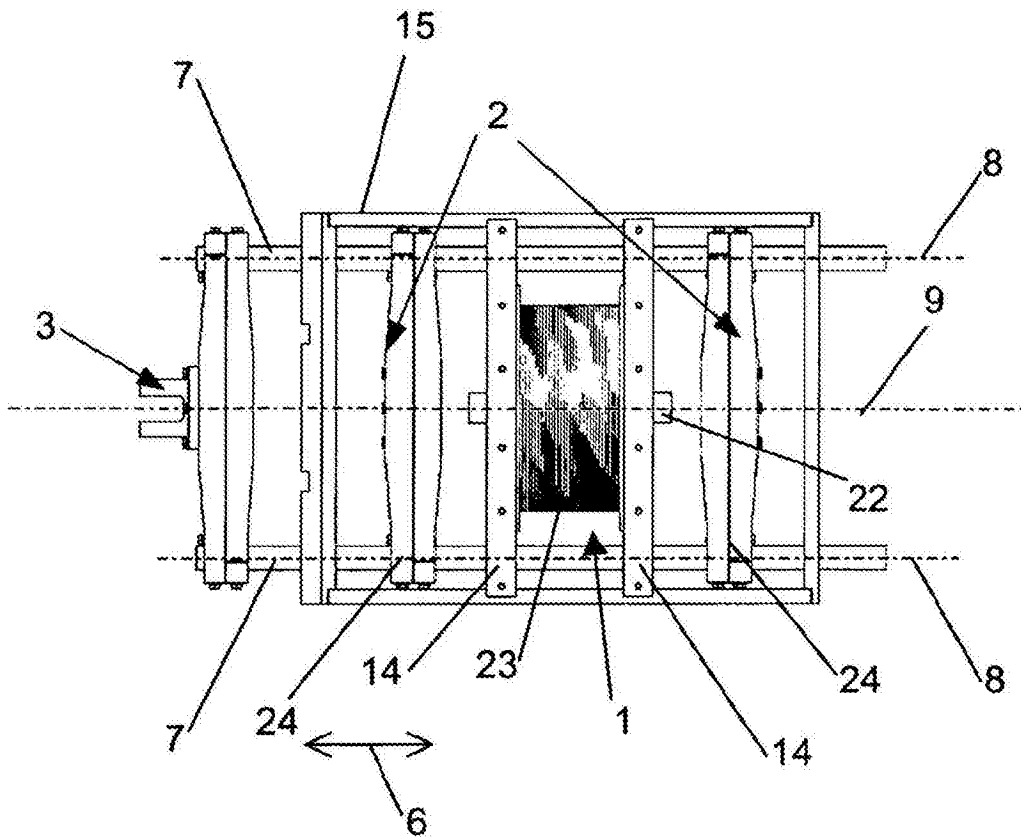


图14

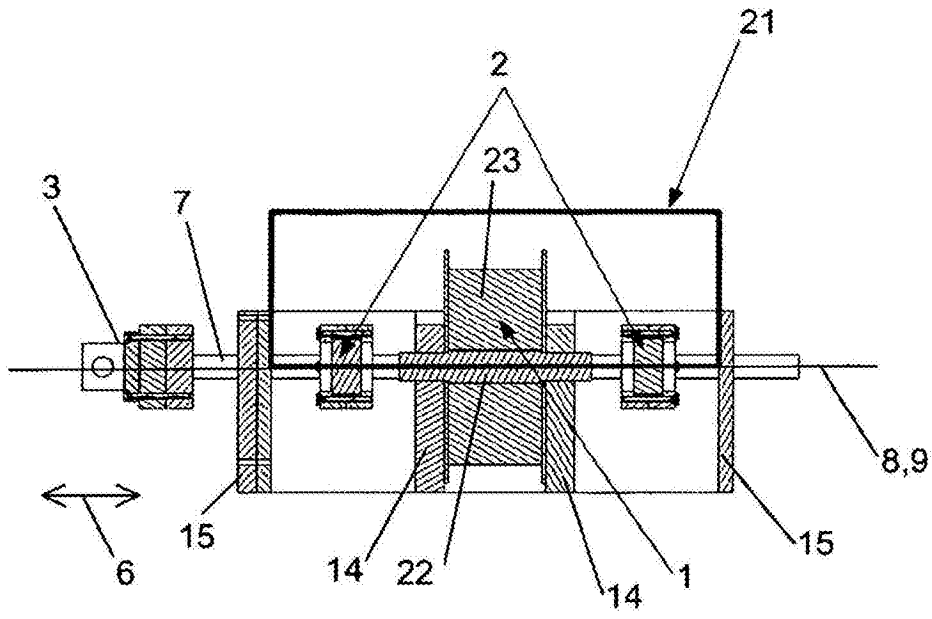


图15

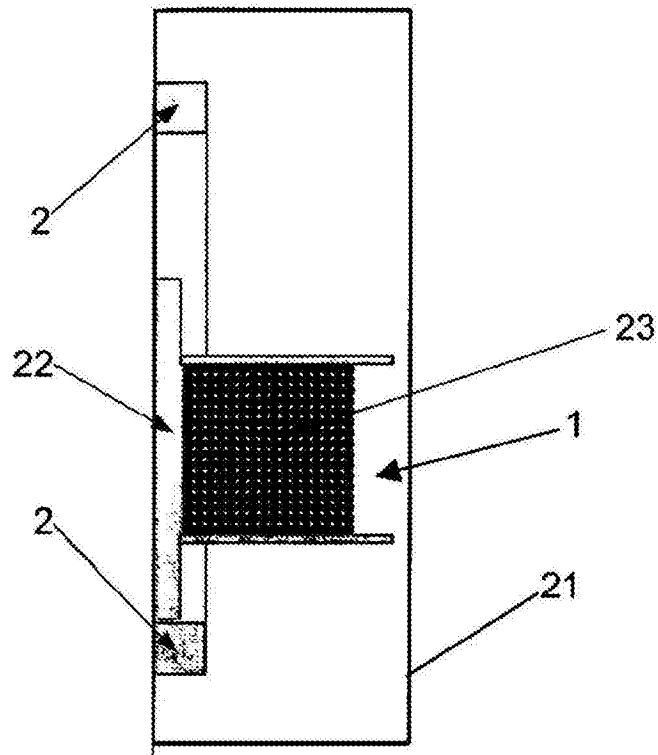


图16

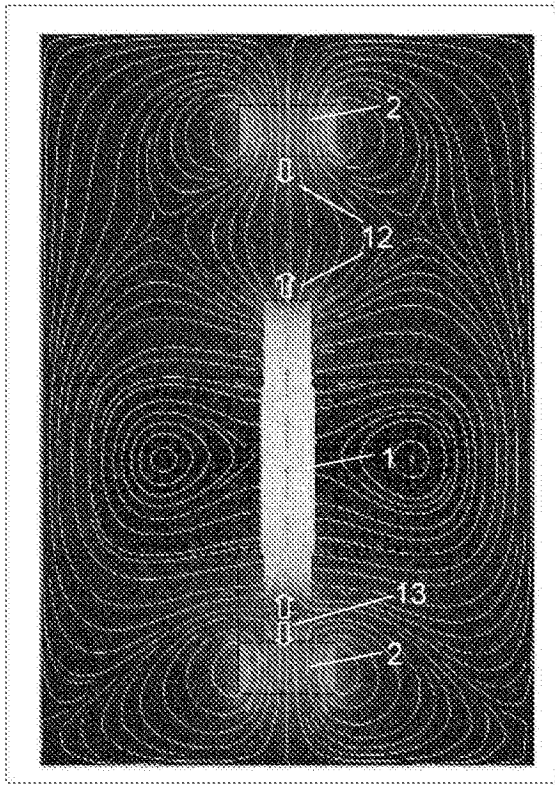


图17

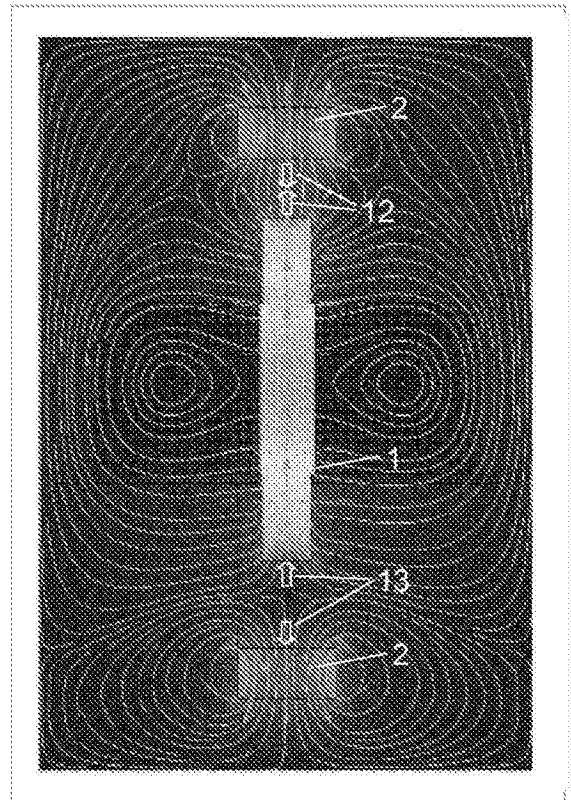


图18

在90A时仿真和在9A时测量得到的转换力

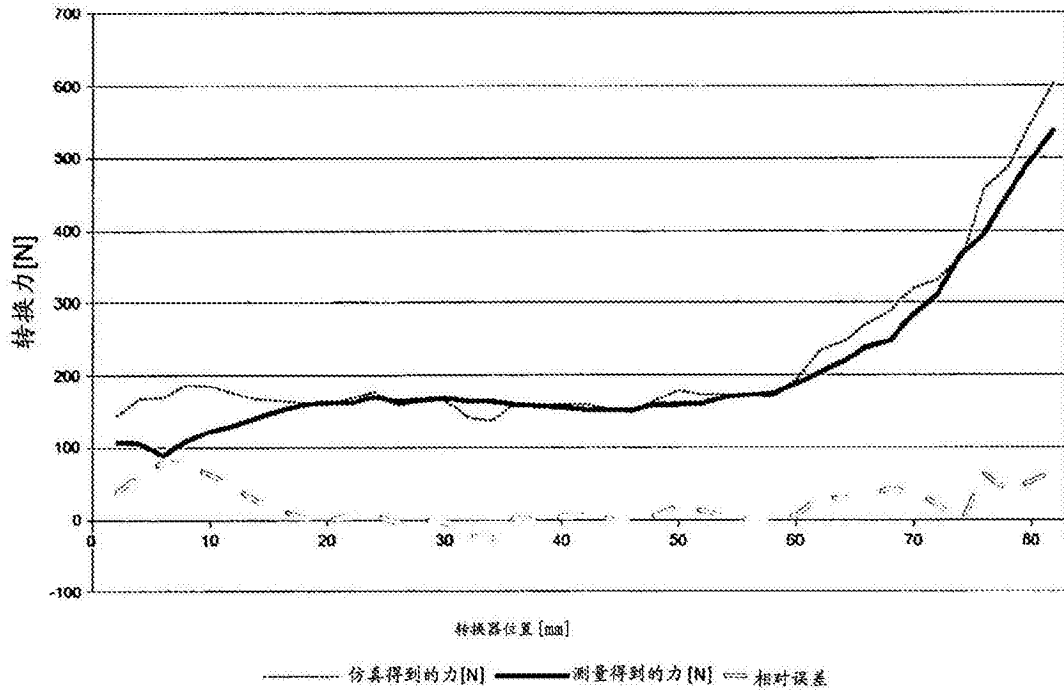


图19

在90A时的仿真得到的转换力
对永磁体的不同磁化值进行仿真

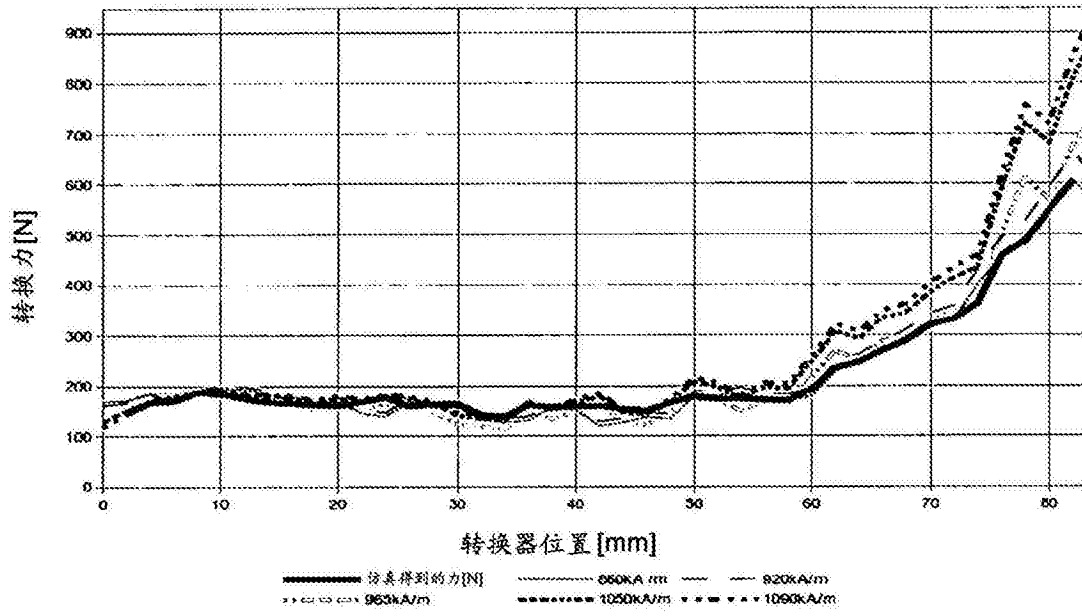


图20