



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103608617 B

(45)授权公告日 2016.08.17

(21)申请号 201280029507.9

(22)申请日 2012.06.14

(30)优先权数据

1109975.1 2011.06.14 GB

1120638.0 2011.11.30 GB

1207289.8 2012.04.26 GB

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2013.12.16

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/GB2012/051361 2012.06.14

(87)PCT国际申请的公布数据

W02012/172351 EN 2012.12.20

(73)专利权人 森泰克有限公司

地址 英国剑桥郡

(72)发明人 安德鲁·达姆斯 詹姆斯·埃维特

马太·斯淘克

(74)专利代理机构 北京安信方达知识产权代理

有限公司 11262

代理人 周靖 郑霞

(51)Int.Cl.

F16K 31/08(2006.01)

H01F 7/122(2006.01)

F02M 63/00(2006.01)

H01F 7/16(2006.01)

(56)对比文件

W0 2011058344 A1,2011.05.19,

W0 2011058344 A1,2011.05.19,

US 5521446 A,1996.05.28,

US 5127585 A,1992.07.07,

US 4779582 A,1988.10.25,

CN 101258352 A,2008.09.03,

CN 1182551 C,2004.12.29,

JP H0332350 A,1991.02.12,

审查员 郑津

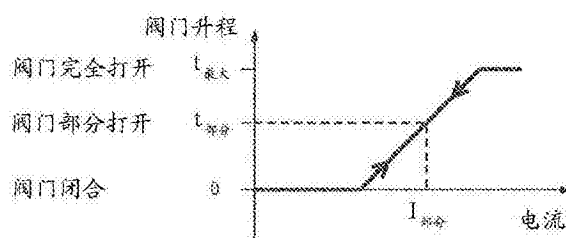
权利要求书3页 说明书25页 附图21页

(54)发明名称

螺线管致动器

(57)摘要

本发明描述了一种螺线管致动器。该螺线管致动器包括电枢、极片、电磁线圈、永磁体和弹簧,该电磁线圈被布置为响应于通电而引起电枢在第一位置和第二位置之间沿行进方向行进,该永磁体被定位和取向为当电枢位于第一位置时将电枢锁定在至少第一位置处,以及该弹簧被布置为偏置电枢。可以操作螺线管致动器以提供部分升程。



1. 一种操作螺线管致动器的方法, 所述螺线管致动器包括电枢、极片、电磁线圈, 所述电磁线圈被布置为响应于通电而引起所述电枢在第一位置和第二位置之间沿行进方向行进, 所述方法包括:

将具有分布曲线和持续时间的接通驱动波形施加到所述电磁线圈, 以便将所述电枢定位在所述第一位置和所述第二位置之间的位置处, 并且在所述第一位置和所述第二位置之间的所述位置处, 所述电枢实质上是静止的;

获得来自所述电磁线圈的反电动势或电流的测量结果; 以及
使用所述测量结果调整所述驱动波形。

2. 根据权利要求1所述的方法, 其中朝向所述接通驱动波形的末尾的电流被调整以使得所述电枢上的力在所述接通驱动波形的末尾保持平衡。

3. 根据权利要求1所述的方法, 其包括:

将具有分布曲线和持续时间的保持驱动波形施加到所述电磁线圈, 以便将所述电枢保持在所述第一位置和所述第二位置之间的所述位置处, 并且驱动电流通过所述电磁线圈。

4. 根据权利要求1所述的方法, 其包括:

将具有分布曲线和持续时间的断开驱动波形施加到所述电磁线圈, 以便使所述电枢朝向所述第一位置移动。

5. 根据权利要求4所述的方法, 其中所述或每个断开驱动波形包括与所述接通驱动波形极性相反的偏置分布曲线部分。

6. 根据权利要求1所述的方法, 包括:

将防反弹驱动波形施加到所述电磁线圈, 以便对向所述第一位置返回的所述电枢进行减速。

7. 根据权利要求1所述的方法, 其包括:

产生用于第一循环的驱动波形;

获得来自所述第一循环的测量结果;

基于所述测量结果, 产生用于之后的第二循环的驱动波形。

8. 根据权利要求1所述的方法, 包括:

提供预定的驱动波形; 以及

基于先前传送的驱动波形调整所述预定的驱动波形。

9. 根据权利要求1所述的方法, 包括:

提供升压波形以使得所述电枢到达保持位置, 然后提供恒定的低阻抗电压以便对于每次注射保持所述电枢稳定在所期望的保持位置。

10. 根据权利要求9所述的方法, 包括:

使用PWM电源维持电压。

11. 根据权利要求1所述的方法, 包括在第一方向上驱动电流之后, 在相反的第二方向上驱动电流通过所述电磁线圈。

12. 根据权利要求1所述的方法, 包括:

施加负电流通过所述电磁线圈, 以保持所述电枢关闭。

13. 根据权利要求1所述的方法, 包括:

施加负电流通过所述电磁线圈, 以使所述电枢能够快速关闭。

14. 根据权利要求1所述的方法,包括:
施加双升压脉冲以使所述电枢能够在所述第二位置处或在所述第一位置和所述第二位置之间的位置处达到稳定位置。
15. 根据权利要求1所述的方法,包括:
调整阻抗,以便匹配所述电磁线圈以在所述电枢停止行进时减小反弹。
16. 根据权利要求1所述的方法,包括:
根据控制器产生的固定标志空间比生成电压。
17. 根据权利要求1所述的方法,包括:
当以恒定电流模式驱动电流时,测量来自所述电磁线圈的电动势。
18. 根据权利要求1所述的方法,包括:
当在恒定电压模式下时测量通过所述电磁线圈的电流。
19. 根据权利要求1所述的方法,包括:
根据所测量的电动势来控制施加到所述电磁线圈的电流。
20. 根据权利要求1所述的方法,包括:
根据所测量的电流来控制施加到所述电磁线圈的电压。
21. 根据权利要求1所述的方法,包括:
根据所测量的电动势来确定电枢的位置。
22. 根据权利要求1所述的方法,包括:
根据所测量的电流来确定电枢的位置。
23. 根据权利要求1所述的方法,包括:
分析所测量的电动势。
24. 根据权利要求1所述的方法,包括:
分析通过所述电磁线圈的电流。
25. 根据权利要求1所述的方法,其中调整所述驱动波形发生在施加所述驱动波形期间。
26. 一种控制单元,其被配置成执行根据权利要求1所述的方法。
27. 一种系统,包括:
螺线管致动器,其包括:
电枢;
极片;
电磁线圈,所述电磁线圈被布置成响应于通电而引起所述电枢在第一位置和第二位置之间沿行进方向行进;以及
弹簧,所述弹簧被布置以偏置所述电枢;
根据权利要求26所述的控制单元,其可操作地连接到所述螺线管致动器。
28. 根据权利要求27所述的系统,其中所述螺线管致动器还包括:
永磁体,所述永磁体被定位和取向为将所述电枢门锁在至少所述第一位置处。
29. 根据权利要求28所述的系统,其中来自所述电磁线圈的磁通量实际上不通过所述永磁体。
30. 根据权利要求27所述的系统,还包括:

针，

其中所述针被可拆卸地耦合到所述电枢。

31. 根据权利要求30所述的系统，其中所述螺线管致动器包括在燃料喷射器中。

螺线管致动器

发明领域

[0001] 本发明涉及一种螺线管致动器。

[0002] 背景

[0003] W02011/058344A1描述了一种螺线管致动器。该螺线管致动器包括可以允许使用较少的安培匝数来提供偏置的永磁体。因此,可以使用可以有助于减少磁泄漏的较小的线圈截面和较短的磁路长度,其反过来可以意味着可以使用更少的安培匝数。

[0004] 尽管在如上的W02011/058344A1中所描述的螺线管致动器相对于不带有永磁体的螺线管致动器具有优势,例如提供更大的开启力的潜力,但是还需要作出进一步的改进。

发明内容

[0005] 根据本发明的第一方面,提供了一种螺线管致动器。该螺线管致动器包括电枢、极片、电磁线圈、永磁体和弹簧,该电磁线圈被布置为响应于通电而引起电枢在第一位置和第二位置之间沿行进方向行进,该永磁体被定位和取向为将电枢锁定在至少第一位置处,以及该弹簧被布置为偏置电枢。

[0006] 该致动器可以被配置成使得根据通过电磁线圈的电流将电枢稳定地定位在第一位置和第二位置之间的多于一个位置处,例如固定在任何位置处。因此,不需要位置传感器就可以实现可变的升程。根据电流可以实现对可变升程的开环控制。

[0007] 弹簧可以包括具有管腔的圆柱形挠曲件。极片、电枢和电磁线圈可以被设置在管腔内。

[0008] 弹簧可以包括至少一个基于板的挠曲件,该至少一个基于板的挠曲件包括一个板挠曲件或至少两个板挠曲件的叠层,该一个板挠曲件或至少两个板挠曲件的叠层被布置成使得所述或每个板挠曲件沿所述行进方向被设置且所述或每个相应的板挠曲件的法线被取向为实质上平行于所述行进方向。这可有助于减小螺线管致动器的宽度或直径。该板或每个板可以包括一个或多个狭缝和/或一个或多个孔。该板或每个板可以为圆盘形。至少一个基于板的挠曲件可以包括第一和第二基于板的挠曲件。极片、电枢和电磁线圈可以被设置在第一和第二基于板的挠曲件之间。

[0009] 至少一个永磁体可以包括至少5个永磁体,该至少5个永磁体被布置在正多边形的边上使得永磁体的磁化向内指向或向外指向。这可有助于提供均匀的径向磁场。

[0010] 至少一个永磁体可以相对于极片固定。从电枢机械地分离永磁体可以有助于减小电枢结构的质量,从而,允许电枢针对给定的力能够更快地加速。至少一个永磁体可以穿过电枢。至少一个电磁线圈可以相对于极片固定。

[0011] 致动器可以包括至少两对电磁线圈和设置在电枢中的至少两对永磁体。每对电磁线圈都可以与相应的一对永磁体相关联以便平行地驱动电枢。这可有助于增加由致动器施加的力。

[0012] 致动器可以包括沿行进方向以叠层的方式布置的至少两个连接的电枢。每个电枢可以支持至少一个相应的磁体,并且该螺线管致动器包括至少两对电磁线圈。对于给定横

截面面积的致动器,这可有助于增加力。

[0013] 每个电枢都可以包括第一和第二相反形状的面。通过使电枢的面成形,例如通过斜切可以减小电枢的质量。对于给定的力,这可有助于增加加速度。电枢可以包括圆锥形或棱锥形部分。电枢可以包括截头圆锥形或截头棱锥形部分。第一面和第二面可以是大致凸面的。极片可以包括至少一个相应的相反形状的面用于安置电枢。

[0014] 这可有助于最小化电枢和极片之间的间隙。

[0015] 致动器或致动器组可以包括布置在单环中的单线圈。

[0016] 永磁体可以主要包括钕钴或钕。

[0017] 弹簧可以被配置成提供足够的力,以便防止电枢被锁在第二位置处。弹簧可以被配置成提供在电枢的行进长度上具有相同方向的力。弹簧可以被配置成提供在电枢的行进长度上实质上恒定的力。弹簧可以被配置成提供在电枢的行进长度上变化的力。力可以以小于2:1的因子变化。如果有两个或多个弹簧,那么该力可以是这些弹簧的净力。弹簧的弹簧常数的幅值可以小于由螺线管致动器提供的磁性弹簧的弹簧刚度的幅值。弹簧的弹簧常数的幅值可以大于由螺线管致动器提供的磁性弹簧的弹簧刚度的幅值。弹簧的弹簧常数的幅值可以具有在由不含有至少一个弹簧的螺线管致动器提供的磁性弹簧的弹簧刚度的幅值的1.5和2.0倍之间的范围中的值。如果有两个或多个弹簧,那么弹簧常数可以是这些弹簧的净弹簧常数。

[0018] 致动器可以还包括管。至少一个电磁线圈可以包括单线圈。单线圈可以被设置在管外,而致动器被设置在管内。因此,致动器可以用作湿式致动器。至少一个永磁体可以被设置在管外。管可以包括具有至少为25的初始相对导磁率的材料。管可以包括具有小于2T的饱和通量密度的材料。管可以包括具有在1和2之间的初始相对导磁率的材料。该材料可以是奥氏体不锈钢,如304型、310型、316型或321型。该材料可以是氮强化的奥氏体不锈钢,如Nitronic33或Nitronic50。该材料可以是马氏体不锈钢,如17-4型或Carpenter465型。该材料可以是双相不锈钢,如Sanvik SAF2205。

[0019] 管可以具有阶梯式壁。管可以包括在致动器附近的具有第一和第二不同直径的至少两部分。管可以包括在致动器附近的第一、第二和第三部分。管的第二部分可以被设置在管的第一和第三部分之间,并且具有比第一和第三部分更大的直径,从而形成容纳致动器部件的管道凸出部分。使用阶梯式壁的管可以允许如极片和电枢的多个部件,例如通过将部件投入到管中被容易地组装。该部件搁置在具有不同直径的管的部分之间形成的一个或多个座上。

[0020] 管可以包括具有不同的磁特性的多个部分。

[0021] 管可以包括至少第一、第二、第三、第四和第五部分。第二部分可以插入在第一和第三部分之间,第四部分可以插入在第三和第五部分之间。第二和第四部分可以具有相对低值的相对磁导率,并且第一、第三和第五部分具有相对高值的相对磁导率。因此,可以调整管的特性以最小化磁通量泄漏。具有不同值的相对磁导率的管部分可以由不同材料形成。例如,第一、第三和第五部分可以包括高磁导率的钢管,并且第二和第四部分可以包括低磁导率的钢管或焊接部。具有不同值的相对磁导率的管部分可以通过在不同条件下对管的不同部分进行退火而形成。

[0022] 至少一个弹簧可以包括具有固定刚度的固定弹簧。

[0023] 固定弹簧可选自具有不同弹簧刚度的多个固定弹簧中的一个。因此,在组装时可以校准致动器,并且可以选择和使用具有适当的弹簧刚度的固定弹簧。

[0024] 根据本发明的第二方面,提供了一组致动器。每个致动器包括实质上相同的极片、电枢、电磁线圈和永磁体,并且其中,组中的至少一个致动器包括具有不同于组中的另一个致动器的弹簧刚度的固定弹簧。因此,通过检查一组致动器可以识别校准弹簧的使用。

[0025] 可以使用至少一个可调节的弹簧,例如,以施加闭合力。这可以在喷射器中使用以将闭合力施加到针或枢轴上。

[0026] 可以预加载固定弹簧。

[0027] 至少一个弹簧可以包括具有第一和第二连接点或连接区域和第三又一连接点或连接区域的单个弹簧。电枢可以连接到弹簧的第三连接点或连接区域。因此,该单个弹簧可以表现得像两个弹簧一样。

[0028] 至少一个弹簧可以包括包含第一和第二弹簧的至少两个分离的弹簧。电枢可以连接到第一和第二弹簧上。电枢与第一和第二弹簧可以被配置成使得电枢的移动引起第一弹簧的延伸或偏转以及第二弹簧的压缩或反向偏转。

[0029] 弹簧可以最初处于压缩状态并且在第一和第二位置之间保持压缩状态。由于弹簧不需要被固定到致动器的其它部件上,这可以有助于方便致动器的形成。

[0030] 至少一个弹簧可以包括流体。例如,致动器可以包括在燃料喷射器中,并且至少部分地通过液体或气体燃料提供弹簧弹力。

[0031] 弹簧可以是螺旋弹簧。

[0032] 至少一个极片和/或电枢的全部或部分可以主要包括铁钴或铁钴铬。至少一个极片的全部或部分可主要包括Soma_{loy}(RTM)。例如,在湿式致动器中,可由Soma_{loy}(RTM)形成极片的不移动和/或不与工作流体接触的部分。

[0033] 该弹簧可以被配置成帮助将电枢锁定在第一位置处。

[0034] 该弹簧可以被配置成防止电枢被锁定在第二位置处。

[0035] 致动器可以是如上的W02011/058344A1中所定义的短行程致动器。致动器可以是非短行程致动器。

[0036] 致动器可以具有长达800 μ m的行程长度。致动器可以具有长达1mm或长达2mm的行程长度。

[0037] 致动器的外部宽度或直径(d)与致动器的行程(Δt)的比值可小于100。致动器的外部宽度或直径与致动器的行程的比值可至少为20。

[0038] 至少一个弹簧可以具有在5Ncm⁻²xA/t和20Ncm⁻²A/t范围中的(净)弹簧常数k(N/ μ m),其中A是单位为cm²的极片的有效面积,t是单位为 μ m的电枢和极片之间的间隙长度。

[0039] 弹簧可以包括至少第一和第二弹簧,其中第一弹簧被配置成当电枢返回到第一位置处时阻尼电枢。

[0040] 致动器可以还包括致动构件且电枢可以被配置成驱动致动构件。

[0041] 致动构件可以包括第一和第二部分。电枢可以固定地耦合到致动构件的第一部分上使得电枢和致动构件的第一部分一起移动。致动构件的第一部分可滑动地耦合到致动构件的第二部分使得致动构件的第一和第二部分在第一方向上一起移动,以及在第二相反的方向上独立移动。

- [0042] 致动器可以包括被配置成偏置致动构件的第二部分的弹簧。
- [0043] 致动构件可以包括枢轴或针。
- [0044] 根据本发明的第三方面,提供了包括致动器和可操作地连接到致动器上的控制工具(例如控制单元)的装置。
- [0045] 控制工具可以被配置成在第一方向(或“极性”)施加电流的第一脉冲(或“第一驱动波形部分”)通过电磁线圈以便给电磁线圈通电。第一脉冲可以具有大于电枢行进的持续时间的持续时间。
- [0046] 控制工具可以被配置成在第二、相反的方向(或“相反极性”)施加电流的第二脉冲(或“第二驱动波形部分”)通过电磁线圈。这可以用来帮助关闭致动器。
- [0047] 控制工具可以被配置成当电枢处于第一位置时施加电流的第二脉冲。这可以用来产生额外的闭合力。这可以在例如向内开口的喷射器中使用,以帮助克服由燃烧产生的开启力。
- [0048] 控制工具可以被配置成与电磁线圈进行适应性的阻抗匹配,以减小电枢停止行进时的反弹。这可以用来在不需要感测的情况下减小反弹。
- [0049] 控制工具可以被配置成测量来自电磁线圈的反电动势并确定电枢的位置。
- [0050] 控制工具可以被配置成根据所测量的反电动势来确定电枢的位置。
- [0051] 控制工具可以被配置成根据所测量的反电动势来控制施加到电磁线圈的电流。因此,反电动势可以用来增强对部分升程的控制和/或用于帮助减小反弹。
- [0052] 该装置可以还包括被配置成分析所测量的反电动势和/或记录所测量的反电动势的特征的诊断单元。
- [0053] 该装置可以包括通量感测环和/或线圈以感测磁路中的通量。
- [0054] 在包括两个(或多个)线圈的致动器的情况下,致动器中的一个线圈可以用于致动,致动器中的另一线圈可以用来检测磁路中的通量的变化速率,例如,以协助控制工具来调整当前波形或后续波形的驱动波形。
- [0055] 控制工具可以被配置成根据所感测到的电流来控制施加到电磁线圈的电流。因此,所感测到的电流可以用于增强对部分升程的控制和/或用于帮助减小反弹。
- [0056] 控制工具可以被配置成提供包括上升部分、保持部分和下降部分的驱动波形。
- [0057] 根据本发明的第四方面,提供了包括N个螺线管致动器的阵列的装置。该装置还包括N+1对开关的平行阵列,其中每对开关都通过连接点串联地连接在一起,并且每个螺线管致动器都连接在相邻对的开关的连接点之间,使得相邻的螺线管致动器共享相应的一对开关。因此,使用较少的开关就可以独立地控制螺线管致动器。
- [0058] 开关可以包括场效应晶体管。
- [0059] 根据本发明的第五方面,提供了一种包括致动器的用于控制流体流动的设备。
- [0060] 根据本发明的第六方面,提供了一种包括致动器的燃料喷射器。
- [0061] 根据本发明的第七方面,提供了一种操作螺线管致动器的方法。致动器包括电枢、极片、电磁线圈、永磁体和弹簧,所述电磁线圈被布置成响应于通电而引起电枢在第一位置和第二位置之间沿行进方向行进,所述永磁体被定位和取向为将电枢门锁在至少第一位置处,以及所述弹簧被布置成偏置电枢。该方法包括将具有分布曲线和持续时间的接通驱动波形施加到电磁线圈上,以便将电枢稳定地定位在第一位置和第二位置之间的位置处,并

且电枢在该位置处实质上是静止的,并且使得线圈中的电流达到预定的保持值。

[0062] 因此,可以操作螺线管致动器以提供部分升程。这使得能够开环控制致动器的可变升程。

[0063] 该方法可以还包括将具有分布曲线和持续时间的保持驱动波形施加到电磁线圈上,以便将电枢保持在第一位置和第二位置之间的位置处,并且驱动电流通过具有所述保持电流的线圈。

[0064] 该方法可以还包括将具有分布曲线和持续时间的断开驱动波形施加到电磁线圈上,以便使得电枢朝向第一位置移动。

[0065] 该断开驱动波形或每个断开驱动波形可以包括极性与接通驱动波形相反的偏置分布曲线部分。该断开驱动波形或每个断开驱动波形包括施加零偏置的偏置分布曲线部分。

[0066] 该方法可以还包括将防反弹驱动波形施加到电磁线圈上,以便对向第一位置返回的电枢进行减速。

[0067] 该方法可以还包括产生用于第一循环的驱动波形,获得来自第一循环的测量结果,以及基于该测量结果,产生用于之后的第二循环的驱动波形。因此,可以使用前馈过程。

[0068] 电磁线圈可以包括单线圈。电磁线圈可以包括两个或多个电磁线圈。在两个或多个线圈的情况下,可以将相同的驱动波形施加到至少两个线圈上。在两个或多个线圈的情况下,可以将第一驱动波形施加到至少一个线圈上,并且可将与第一驱动波形相反的第二驱动波形施加到至少一个其它线圈上。

[0069] 根据本发明的第八方面,提供了一种包括形成致动器、装置、设备或燃料喷射器的方法。

[0070] 该方法可以包括提供致动器、装置、设备或燃料喷射器的每个部分。

[0071] 根据本发明的第九方面,提供了一种形成致动器的方法。该方法可以包括提供电枢,提供极片,提供被布置成响应于通电而引起电枢在第一位置和第二位置之间沿行进方向行进的电磁线圈,提供被定位和取向为将电枢锁定在至少第一位置处的永磁体,以及提供被布置成偏置电枢的弹簧。

[0072] 该方法可以包括测量不具有弹簧或具有测试弹簧的致动器的性能;基于致动器的性能,选择具有预定的弹簧常数的弹簧而不是具有不同的弹簧常数的弹簧;并且在致动器中加入具有预定的弹簧常数的弹簧。

[0073] 该方法可以包括使永磁体部分退磁。例如,使永磁体退磁可以包括将磁体加热、驱动过量的驱动电流通过线圈和/或施加外部磁场。这可有助于甚至在组装后修整该致动器。

[0074] 该方法可以还包括调节由弹簧提供的预加载荷。

[0075] 附图简述

[0076] 图1是具有牵引弹簧的单动式螺线管致动器的示意图;

[0077] 图2是包括包含两个永磁体的电枢的螺线管致动器的示意图;

[0078] 图3a示出了图2所示的致动器的磁性弹簧的一组力特性;

[0079] 图3b示出了图2所示的致动器的机械弹簧的力特性;

[0080] 图3c示出了图2所示的磁性弹簧和机械弹簧的组合的一组力特性;

[0081] 图3c示出了图2所示的没有机械弹簧的螺线管致动器的力与冲程的关系曲线;

- [0082] 图3d示出了图2所示的具有机械弹簧的螺线管致动器的力与冲程的关系曲线；
- [0083] 图4a示出了图1所示的螺线管致动器的位移与电流的关系曲线；
- [0084] 图4b示出了图2所示的螺线管致动器的位移与电流的关系曲线；
- [0085] 图4c示出了图2所示的具有比图4b所示的机械弹簧更软的机械弹簧使得机械弹簧刚度与磁性弹簧刚度相平衡的螺线管致动器的位移与电流的关系曲线；
- [0086] 图5a是包括第一类型的圆柱形挠曲件布置的螺线管致动器的透视截面图；
- [0087] 图5b是包括第二类型的圆柱形挠曲件布置的螺线管致动器的透视截面图；
- [0088] 图5c是圆柱形挠曲件的侧视图；
- [0089] 图5d是圆柱形挠曲件的平面图；
- [0090] 图6是板挠曲件的平面图；
- [0091] 图6a是沿A-A'线剖开的图6所示的板挠曲件的剖视图；
- [0092] 图6b是用来形成图6所示的板挠曲件的板的平面图；
- [0093] 图6c是另一个板挠曲件的平面图；
- [0094] 图7是包括板挠曲件形式的弹簧的螺线管致动器的剖视图；
- [0095] 图8a是沿圆形电枢中所设的多边形的侧边布置的一组六个永磁体的平面图；
- [0096] 图8b是沿矩形电枢中所设的多边形的侧边布置的一组六个永磁体的平面图；
- [0097] 图9是用于四个致动器的控制电路的示意图；
- [0098] 图10是其中永磁体被固定在某一位置的螺线管致动器的剖视图；
- [0099] 图10a是电枢和图10所示的永磁体的平面图；
- [0100] 图11是两个螺线管致动器的串联布置的剖视图；
- [0101] 图12是扩展的螺线管致动器的剖视图；
- [0102] 图12a是电枢和图12所示的永磁体的平面图；
- [0103] 图12b是直线电枢的平面图；
- [0104] 图13是具有简化的电磁线圈布置的三个螺线管致动器的串联布置的剖视图；
- [0105] 图14是具有简化的电磁线圈布置和锥形电枢的三个螺线管致动器的串联布置的剖视图；
- [0106] 图15是具有三件堆叠的电枢和简化的电磁线圈布置的螺线管致动器的剖视图；
- [0107] 图16示出了当机械弹簧的刚度大于磁性弹簧的刚度时的用于不同值的升程的螺线管致动器的力与驱动电流的关系曲线；
- [0108] 图17示出了当(机械)弹簧的刚度与磁性弹簧的刚度相同时的用于不同值的升程的螺线管致动器的力与驱动电流的关系曲线；
- [0109] 图18示出了当(机械)弹簧的刚度小于磁性弹簧的刚度时的用于不同值的升程的螺线管致动器的力与驱动电流的关系曲线；
- [0110] 图19是湿式螺线管致动器和管的剖面；
- [0111] 图20是其中机械弹簧从电枢的一侧施加力且由弹簧所施加的力不在行进的长度上反向的注射器的剖视图；
- [0112] 图21是包括螺线管致动器且包括机械防反弹布置的燃料喷射器的剖面；
- [0113] 图22是控制单元的示意性框图；
- [0114] 图23是用于控制螺线管致动器的第一控制单元的示意性电路图；

- [0115] 图23a示出了图23所示的第一控制单元的驱动波形；
- [0116] 图24是用于控制螺线管致动器的第二控制单元的第二示意性电路图；
- [0117] 图24a示出了图24所示的第二控制单元的驱动波形；以及
- [0118] 图25a至25c示出了用于三个不同行程的驱动电压波形、电流、电枢速度和位移。
- [0119] 特定实施方式的详细描述
- [0120] 在以下的螺线管致动器的操作的说明中，相同的部件由相同的附图标记来表示。
- [0121] 螺线管致动器1
- [0122] 参照图1，其示出了单动式螺线管致动器1。致动器1具有轴2且包括缠绕在轴2上的电磁线圈3、与线圈3相关联的极片4、与极片4轴向间隔开的电枢5、以及具有弹簧常数的压缩弹簧6。此处的术语“弹簧常数”还可以指“弹簧刚度”、“弹簧系数”或“刚度”。在极片4和电枢5之间形成了具有间隙尺寸为 t 的空气间隙7。
- [0123] 图1示出了在电磁线圈3未通电情况下的处于完全打开位置即 $t=t_{\text{最大}}$ 的致动器1。完全打开位置是阀仍然由弹簧保持闭合的最大位移处。通过用在适当的方向流动的电流给电磁线圈3通电，线圈3可以用来关闭空气间隙7，即 $t=0$ 。
- [0124] 通量开关的螺线管致动器11
- [0125] 参照图2，其示出了通量开关的螺线管致动器11。类似于图1所示的单动式螺线管致动器1，螺线管致动器11具有轴2且包括缠绕在轴2上的第一电磁线圈3、与第一线圈3相关联的第一极片4、与第一极片4轴向间隔开的电枢5、以及具有弹簧常数 k 的第一压缩弹簧6。在第一极片4和电枢5之间形成了具有间隙尺寸为 t 的第一空气间隙7。
- [0126] 致动器11包括缠绕在轴2上的第二电磁线圈13、与第二电磁线圈13相关联的第二极片14、以及具有弹簧常数的第二压缩弹簧16。在该实施例中，弹簧常数是相同的。在第二极片14和电枢5之间形成了具有间隙尺寸为 u 的第二空气间隙17。在该实施例中， $u=t_{\text{最大}}-t$ 。因此，当 $t=t_{\text{最大}}$ 时 $u=0$ ；并且当 $t=0$ 时 $u=t_{\text{最大}}$ 。螺线管致动器11包括具有向内取向的磁化19的两个永磁体18。
- [0127] 图1所示的螺线管致动器1和图2所示的螺线管致动器11表现不同，现在在燃料喷射阀(未示出)的上下文中更详细地加以描述。在下文中，当打开致动器(即 $t=t_{\text{最大}}$)时，阀被关闭。当关闭致动器(即 $t=0$)时，阀被打开。
- [0128] 螺线管致动器1与螺线管致动器11的比较
- [0129] 螺线管致动器1的特性
- [0130] 参考图1，在螺线管致动器1中，线圈3产生 NI 的磁动势(MMF)，其中 N 是匝数而 I 是电流。磁动势与穿过磁路的磁通量 $\Phi=B \cdot A$ (其中 B 是磁场， A 是面积)通过磁阻 R 相关，即 $R=MMF/\Phi$ 。当 t 由于磁路的总磁阻变化而变化时，在具有间隙尺寸 t 的间隙7中的磁场 B 变化。
- [0131] 磁路的总磁阻 $R_{\text{总}}$ 为 $R_{\text{总}}=R_{\text{钢}}+R_{\text{间隙}}$ ，其中 $R_{\text{钢}}$ 是磁路4、5的软磁部分(其可以是由钢或其它软磁材料形成)的总磁阻而 $R_{\text{间隙}} \approx (t/A\mu_0)$ 。间隙7中的磁场为 $B \approx (NI/A)/R_{\text{总}} \approx (NI/A)/(R_{\text{钢}}+(t/A\mu_0))$ 。
- [0132] 电枢5上的磁力 $F_{\text{磁}}$ 为 $F_{\text{磁}} \approx -(A/2\mu_0)B^2 \approx -(A\mu_0/2)((NI/A)/(R_{\text{钢}}+(t/A\mu_0)))^2$ 。在饱和的情况下，磁力 $F_{\text{磁}}$ 被限制为 $F_{\text{磁}} \approx -(A/2\mu_0)B_{\text{饱和}}^2$ 。由于力将电枢5拉向极片4，磁力 $F_{\text{磁}}$ 的符号为负。这通过机械弹簧6提供关闭阀的力而抵消 $F_{\text{sp}}=k(t_0-t)$ ，其中 $t_0 \geq t_{\text{最大}}$ ，并且 t_0 通常是 $t_{\text{最大}}$ 的几倍。

[0133] 当线圈3没有通电时,阀是闭合的($t=t_{\text{最大}}$)。要打开阀时(即关闭致动器),要求大于约为 $\sqrt{(k(t_0-t_{\text{最大}}))(R_{\text{钢}}+(t_{\text{最大}}/A\mu_0))(1/N)\sqrt{(2A)}}$ 的电流。只要电流还在流动,那么阀保持打开。如果电流下降,当电流降低到低于约 $\sqrt{(kt_0)R_{\text{钢}}(1/N)\sqrt{(2A)}}$ 时,阀开始关闭。因此,只要电路磁阻的变化超过弹簧力的平方根,该特性是滞后的,这是通常的情况。

[0134] 这种滞后的特性呈现在间隙尺寸 t 与电流 I 的曲线图中。

[0135] 螺线管致动器11的特性

[0136] 参考图2和图3a至图3e,现将描述具有电流和不具有电流的螺线管致动器的特性。

[0137] -没有电流和没有弹簧的磁特性-

[0138] 首先,考虑没有线圈或机械弹簧影响时处于永磁体18影响下的螺线管致动器11的特性:

[0139] 从永磁体18出来进入电枢5的通量 $\Phi_m=B_{pm}\cdot A_{pm}$,其中 B_{pm} 是来自永磁体18的磁场,而 A_{pm} 是磁通从永磁体18通过的面积。由于在该应用中,面积没有变化且永磁体18的厚度通常大于致动器行程,因此来自磁体18的总通量保持恒定,且磁通与磁场类似地缩放。因此,永磁体18所看到的总磁阻在电枢被放置在间隙的中心与电枢被放置在任意一端之间并未显著增加。

[0140] 通量穿过分别位于电枢5的上方和下方的两个间隙7、17。通量(并且因此磁场)被两个间隙7、17与它们的间隙尺寸成比例地分享。下部间隙7的间隙尺寸是 t (其中 $t=t_{\text{最大}}$ 对应于上部间隙17具有零宽度且下部间隙7具有宽度 $t_{\text{最大}}$)。

[0141] 在下文, B_{pm} 由比值 $A_{pm}/A_{\text{两极}}$ 调整(其中 $A_{\text{两极}}$ 是通量从两极通过的面积)以考虑不同的面积。上部间隙和下部间隙7、17的磁场 B_1 、 B_2 分别是:

$$[0142] \quad B_1=(t/t_{\text{最大}})B_{pm}=yB_{pm} \quad (1-1)$$

$$[0143] \quad B_2=(t/t_{\text{最大}}-1)B_{pm}=(y-1)B_{pm} \quad (1-2)$$

[0144] 其中 y 是位移。符号反映了磁场相对于图2中的 x 的方向。

[0145] 通过下式给出永磁体通量电路路径的磁阻 R_{pm} 。

$$[0146] \quad R_{pm} \approx (t_{pm}/A_{pm}\mu_0)+y(y-1)(t_{\text{最大}}/A_{\text{两极}}\mu_0)+R_{\text{钢}} \quad (2)$$

[0147] A_{pm} 一般相似于 $A_{\text{两极}}$ 从而得到约等于 B_{pm} 的 B_1 或 B_2 的最大值。 R_{pm} 一般受控于 t_{pm} 且这主要由磁体的厚度组成。因此, B_{pm} 是磁体材料的较大部分(例如0.5至0.8)的剩磁 B_r , $(y(y-1))$ 从行程的两端处的零值变为中心处的为 $1/4$ 的最大值。

[0148] 磁场中的能量密度是 $1/2B\cdot H$ 或在自由空间中的能量密度是 $1/2 B^2/\mu_0$ 。存储在区域 A 的极片之间的宽度 t 的容积中的能量为 $E=1/2B^2At/\mu_0$ 。通过改变(下部)间隙尺寸 t 来改变容积导致大约为 $F=1/2B^2A/\mu_0$ 的力。为了清楚和方便起见,在下面的描述中将忽略因子 $1/(2\mu_0)$ 。

[0149] 由于每个磁场所产生的(忽略因子 $1/(2\mu_0)$)电枢上的力如下所示:

$$[0150] \quad F_1=-AB_1^2=-Ay^2B_{pm}^2 \quad (3A-1)$$

$$[0151] \quad F_2=-AB_2^2=-A(1+y^2-2y)B_{pm}^2 \quad (3A-2)$$

[0152] 将这些力求和给出电枢上的合力 F :

$$[0153] \quad F=F_1+F_2=A(2(y-1/2)B_{pm}^2), I=0 \quad (3A-3)$$

[0154] 这示出了力 F 随位移 y 线性变化,且在 $y=1/2$ 的中心处为零。

[0155] 对于下面的描述,选择 B_{pm} 使得当电枢5与极片4、14相接触时软磁材料已经饱和。因此,行程的任意一端处的力为 $F_{\text{最大}}=\pm AB_{\text{饱和}}^2$ 。被饱和度所限制的最大力为 $F_{\text{最大}}=AB_{\text{饱和}}^2$ 。

[0156] -具有电流但没有弹簧的磁特性-

[0157] 接下来,考虑在永磁体18和线圈3、13影响下的螺线管致动器的特性:

[0158] 使电流在相同方向上通过上部线圈和下部线圈13、3导致在两间隙中产生附加的磁场 $B_c \approx NI\mu_0/t_{\text{最大}}$ 。注意,与来自磁体的通量不同,附加磁场在两个间隙中是相同方向的。在总磁场被平方以计算力(同样忽略因子 $1/2\mu_0$)之前,这被添加到来自永磁体的磁场 B_1 和 B_2 :

$$[0159] \quad F_1 = A(B_1 + B_c)^2 = (yB_{pm} + B_c)^2 \quad (3B-1)$$

$$[0160] \quad F_2 = -A(B_2 + B_c)^2 = -((y-1)B_{pm} + B_c)^2 \quad (3B-2)$$

[0161] 如前将这些力加和以产生合力:

$$[0162] \quad F = A(2(y-1/2)B_{pm}^2 + 2(y-1/2)B_{pm}B_c(I)) \quad (3B-3)$$

[0163] 因此,力在电枢位置是线性的,加上取决于电流的线性力。然而,每个相反间隙中的力由于饱和效应不能高于 $F_{\text{最大}}$ 。因此,有非零电流时,当间隙中的力在某个 t 值处达到 $F_{\text{最大}}$,它将不能再升高。如果驱动电流 $I_{\text{最大}}$ (随致动器位置可变)被设置成使得在顶部间隙或在底部间隙中的总磁场等于 $B_{\text{饱和}}$ 或 B_{pm} 时,且相反间隙中的磁场将接近零,对于所有的电枢位置 t , $F = \pm F_{\text{最大}}$ 。当与图3c和图3e中的弹簧结合时,图3a和3d示出了这种特性。

[0164] -具有电流且具有弹簧的磁特性-

[0165] 最后,考虑在永磁体18与线圈3、13和弹簧6、16影响下的螺线管致动器11的特性:

[0166] 磁力只能将电枢拉向极片4、14中的一个。可以添加能够将电枢5从极片4、14推走的弹簧6、16。可以选择弹簧的硬度以匹配磁性弹簧。图3b示出了弹簧的特性,图3c示出了磁性弹簧和机械弹簧的组合特性。

[0167] 由于弹力和磁力组合在了一起,通过将电流设置为 $I_{\text{最大}}$,高达 $2F_{\text{最大}}$ 的力可用于促使致动器打开(或关闭),而没有电流时也不具有力。实际上,弹簧被优选选择来朝向弹簧的一端稍稍偏置致动器,图3e示出了这种特性。

[0168] 如将在下文中更详细地描述的,如果弹簧比磁性弹簧常数更硬,那么位移可以随保持的电流线性地变化。在燃料喷射器和其它的应用中可以使用该特征以提供可控、可变的升程。

[0169] -改善致动器的特性-

[0170] 根据 $F = m \cdot a$,其中 m 为电枢布置(电枢和其它部分)的质量,并且 a 为加速度,通过调节使电枢更轻并因此得到较大的加速度来改善致动速度。

[0171] 由于力的量纲为 $F = AB^2$,所以可以通过堆叠致动器并因此增大了面积 A 来修改致动器力。

[0172] 可变的升程

[0173] 参照图1、2、4a、4b和4c,现在将对螺线管致动器1和通量开关的螺线管致动器11的操作进行描述。

[0174] 图4a示出了单动式螺线管致动器1的特性。出于先前给出的原因,位移表现出了与电流的阶梯状的滞后相关性。图4b示出了具有比磁性弹簧更硬的弹簧的通量开关的螺线管致动器11的特性。没有滞后现象且位移表现出了与电流的线性相关性。图4c示出了其中弹簧的弹簧刚度与磁性弹簧的弹簧刚度大致相同的通量开关的螺线管致动器11的特性。

[0175] 由于第一极片4和电枢5之间的下部空气间隙7的减少总是伴随着电枢5和第二极片14之间的空气间隙17的增加,所以在操作期间形成部分磁路的空气间隙7、17的总尺寸保

持不变。

[0176] 如前文所述,电枢上的力在位置和电流中均是线性的。当作用于比磁性弹簧更硬的机械弹簧6、16时,电枢5的准稳态位置与线圈电流在行程的所有或一些长度上实质上是线性的或者至少单调的。因此,致动器11允许使用通过线圈的电流来线性地控制电枢位置(升程)。相比之下,图1所示的螺线管不允许如此精细地控制电枢位置且阀位置与电流之间的关系既是非线性的也是滞后的。

[0177] 横向挠曲件布置

[0178] 图5a和5b示出了第一和第二螺线管致动器21、21'。

[0179] 每个螺线管致动器21、21'通常围绕中心轴2呈圆筒式对称。

[0180] 每个螺线管致动器21、21'都包括缠绕在轴2上的第一电磁线圈3、与第一线圈3相关联的第一极片4、与第一极片4轴向间隔开的电枢5。在第一极片4和电枢5之间形成了具有间隙尺寸为 t 的第一空气间隙7。

[0181] 每个螺线管致动器21、21'都包括缠绕在轴2上的第二电磁线圈13、与第二电磁线圈13相关联的第二极片14。在该实施例中,弹簧常数是相同的。在第二极片14和电枢5之间形成了具有间隙尺寸为 u 的第二空气间隙17。在该实施例中, $u=t_{\text{最大}}-t$ 。因此,当 $t=t_{\text{最大}}$ 时, $u=0$,并且当 $t=0$ 时 $u=t_{\text{最大}}$ 。

[0182] 每个螺线管致动器21、21'都包括具有向内取向的磁化19的两个永磁体18。

[0183] 螺线管致动器21、21'可以具有尺寸规格并且可以由本文描述的和/或在如上的W02011/058344A1中所描述的材料制成。

[0184] 在第一螺线管致动器21中,弹簧6、16采用包围极片4、14和电枢5的鞘状的圆柱形挠曲件6、16的形式。挠曲件6、16的直径稍大于极片4、14的直径。本文描述了弹簧刚度的值。

[0185] 环形垫片22保持极片4、14之间的容纳电枢5的固定空间。极片4、14和电枢5通过螺钉23、24或其它固定布置被固定到圆柱形挠曲件6、16。如图5a所示,用来将电枢5固定到圆柱形挠曲件6、16的螺钉24穿过垫片22,但不固定到垫片22上,由此使得螺钉24和电枢5能够移动。圆柱形挠曲件6、16包括至少两组隔开的部分圆周凹槽25,其允许挠曲件6、16能够沿着其长度弯曲。

[0186] 在第二螺线管致动器21'中,弹簧6、16也采用包围极片4、14和电枢5的鞘状的圆柱形挠曲件6、16的形式。然而,刚性外管26用来保持极片4、14之间的固定距离。如图5b所示,圆柱形挠曲件6、16插入在外管26、极片4、14和电枢5之间。极片4、14和电枢5通过螺钉23、24或其它固定布置被固定到圆柱形挠曲件6、16。用来将电枢5固定到挠曲件6、16的螺钉24不固定到刚性外管26上。

[0187] 如图5c和5d所示,圆柱形挠曲件6、16可以包括平行的、交叉指型(即互锁)的数组凹槽25。每组凹槽25位于沿着挠曲件的不同位置(L)处,并且可以包括例如,2、3、4个或多个凹槽25。每组凹槽25相对于邻近的凹槽组都沿圆周方向偏移(即旋转)。

[0188] 端部挠曲件布置

[0189] 参考图6、6a和6b,其示出了基于板的挠曲件。如将在后面更详细地说明的。基于板的挠曲件可以连接到本文描述的或在如上的W02011/058344A1中描述的螺线管致动器的端部上。如图6所示,基于板的挠曲件在平面图中是大致圆形的并且旨在与圆柱形螺线管致动器一起使用。然而,基于板的挠曲件在平面图中可以是矩形的,例如,正方形。

[0190] 基于板的挠曲件6、16包括板28的叠层27。每个板28都包括外环29和内部柔性臂30。柔性臂30大致为“F”形并具有连接到环29的顶部横杆部分30a、阀杆部分30b以及中心横杆部分30c。中心横杆部分30c包括用于连接到可移动轴32(图7)上的中心点31。端板28的外环29,即,位于叠层27的面向致动器的端部33处的板28被固定到极片4、14上。柔性臂30允许中心点31相对于外环29移动。基于板的挠曲件6、16通过在交替的方向上(即交替地在正面和在反面)堆叠板28形成。

[0191] 如图6a所示,叠层28包括穿过叠层27的第一和第二竖直部分34、35。叠层28的第一部分34比第二部分35包含更少的层。因此,第一部分34提供挠曲件的柔性部分(本文也称之为“可移动臂”),第二部分35提供挠曲件的刚硬部分。

[0192] 参考图6c,其示出了包括用于连接到例如双轴(未示出)的两个连接点31₁、31₂的另一种基于板的挠曲件。

[0193] 基于板的挠曲件可以具有以下优点:其不会显著增大致动器11的直径。

[0194] 参考图7,其示出了采用了参考图6所描述的端部挠曲件布置的螺线管致动器36。

[0195] 螺线管致动器36包括缠绕在轴2上的第一电磁线圈3、与第一线圈3相关联的第一极片4、与第一极片4轴向间隔开的电枢5。具有间隙尺寸为t的第一空气间隙7在第一极片4和电枢5之间形成。螺线管致动器36包括缠绕在轴2上的第二电磁线圈13、与第二电磁线圈13相关联的第二极片14。具有间隙尺寸为u的第二空气间隙17在第二极片14和电枢5之间形成。螺线管致动器36包括具有向内取向的磁化19的两个永磁体18。

[0196] 螺线管致动器36可以具有尺寸并可以由本文所描述的和/或在如上的W02011/058344A1中所描述的材料形成。

[0197] 例如,使用螺钉(未示出)将端部挠曲件6、16固定到外壳37上,该外壳37还连接到极片4、14上。外壳37保持极片4、14的分离。挠曲件的可移动臂34被固定到穿过致动器36的中心轴32上,所述中心轴32连接到电枢5。电枢5和中心轴32可以由多个部分形成。

[0198] 永磁体布置

[0199] 如上的W02011/058344A1描述了一种包括电枢的螺线管致动器,该电枢包括2或4个永磁体。

[0200] 图8a和8b分别示出了圆形和矩形(在平面图中)的电枢5。电枢5包括具有大数量(即,>5,例如6)的永磁体18的磁体布置38。永磁体18围绕着电枢的中心39(其限定了行进轴)成角度地间隔开并具有向内指向的磁化19。磁化19不需要必须径向地取向。磁体布置38内部的软材料40₁的面积A₁优选与磁体布置38外部的软材料40₂的面积A₂相同。例如, $0.8 \leq A_1/A_2 \leq 1.2$ 。

[0201] 也可以使用其它的磁体布置,其中磁体18围绕着正多边形的边布置,其磁化指向内,并且其中多边形磁体布置内部的软材料的区域与磁体布置外部的材料的区域相同。

[0202] 永磁体材料

[0203] 本文描述的螺线管致动器的永磁体优选地由钐钴(SmCo)形成。使用钐钴磁体可以具有一个或多个优点。例如,钐钴往往提供更好的耐腐蚀性。此外,钐钴通常可以提供更好的温度特性,如减小的温度系数和更高的最高温度。例如,SmCo磁体的Br的温度系数仅约为-0.03%/°C,而NdBFe磁体的温度系数约为-0.11%/°C。这意味着对于SmCo磁体,磁性弹簧系数的温度系数降低至约-0.06%/°C,而对于NdBFe磁体,该温度系数约为-0.22%/°C。这导

致SmCo磁体在-40℃至150℃的范围上的弹簧常数以±5.4%变化,而NdBFe磁体的弹簧常数以±20%进行变化。对于不锈钢而言,弹簧硬度的温度系数通常大约是-0.02%/℃。温度系数具有相同的极性。这有助于补偿磁体的磁性弹簧温度系数。SmCo磁体的最小厚度可以是1.5mm。

[0204] 控制多个致动器

[0205] 参考图9,其示出了电路41,该电路41可以用来向一组N个通量开关的螺线管致动器42供电,每个螺线管致动器包括本文所描述的或在如上的W02011/058344A1中描述的螺线管致动器。在这种情况下,电路41向N=4个螺线管致动器42供电。然而,电路41可以被扩展以向N=2、3、5或多个螺线管致动器42供电。这种电路41可以用来控制一组螺线管致动器42,提供每个燃料喷射器用于相应的燃料喷射器。

[0206] 如图9所示,例如,使用了呈场效应晶体管(FET)形式的开关43的布置。电路41采用十个开关43来控制四个致动器42。这是使用H-桥布置来实现的,其中两个开关43由相邻的致动器42共享。因此,2(N+1)个开关43用来控制N个螺线管致动器42。

[0207] 即使比例如使用2(N+2)个开关43的电路使用更少的开关43,电路41仍然可以独立地向每个螺线管致动器42传送任一极性的所期望的波形。

[0208] 可以使用很少的开关的认识至少部分地基于以下观点:不必在任何时间将燃料注射到多于一个气缸的包括四个气缸的发动机中。

[0209] 电路41可以帮助降低形成发动机管理系统的一部分的控制器的成本。

[0210] 固定磁体的布置

[0211] 参考图10和10a,其示出了螺线管致动器44。

[0212] 螺线管致动器44包括缠绕在轴2上的第一电磁线圈3、与第一线圈3相关联的第一极片4、与第一极片4轴向间隔开的电枢5。具有间隙尺寸为t的第一空气间隙7在第一极片4和电枢5之间形成。螺线管致动器44包括缠绕在轴2上的第二电磁线圈13、与第二电磁线圈13相关联的第二极片14。具有间隙尺寸为u的第二空气间隙17在第二极片14和电枢5之间形成。螺线管致动器44包括具有向内取向的磁化19的两个永磁体18。永磁体18是固定的并且不能随着电枢5移动。

[0213] 螺线管致动器44可以具有尺寸并可以由本文所描述的和/或在如上的W02011/058344A1中所描述的材料形成。

[0214] 如图10b所示,永磁体18被包含在电枢5的外圆周45内。电枢5包括容纳永磁体18的弓形凹槽或其它形式的孔口46。然而,可以使用其它形状和尺寸的永磁体。例如,可以使用矩形磁体和矩形凹槽。

[0215] 如图10和10a所示,电磁线圈3、13和永磁体18相对于极片4、14保持固定,而电枢5可以轴向移动。由于通过从致动器的移动部分移走永磁体18,电枢的质量可以减小,这种布置可有助于允许更高的加速度。

[0216] 多致动器、扩展的致动器和多电枢布置

[0217] 上文所描述的和在如上的W02011/058344A1中所描述的螺线管致动器通常包括单个致动器单元,该单个致动器单元包括一对极片、永磁体、线圈和单个电枢。然而,包括多个连接的致动器单元或扩展的致动器单元的螺线管致动器可以用于提供更快的加速或更大的力,下面将对此进行更详细的描述。

[0218] 多致动器布置

[0219] 参考图11,其示出了第一多致动器布置46。

[0220] 如图11所示,多致动器布置46包括堆叠的第一和第二致动器47₁、47₂。第一和第二致动器47₁、47₂通过为轴的形式连接构件48连接。

[0221] 第一螺线管致动器47₁包括缠绕在轴2上的第一电磁线圈3₁、与第一线圈3₁相关联的第一极片4₁、与第一极片4₁轴向间隔开的电枢5₁。第一螺线管致动器47₁还包括缠绕在轴2上的第二电磁线圈13₁、与第二电磁线圈13₁相关联的第二极片14₁。第一螺线管致动器47₁包括具有向内取向的磁化的两个永磁体18₁。

[0222] 同样地,第二螺线管致动器47₂包括缠绕在轴2上的第一电磁线圈3₂、与第一线圈3₂相关联的第一极片4₂、与第一极片4₂轴向间隔开的电枢5₂。第二螺线管致动器47₂还包括缠绕在轴2上的第二电磁线圈13₂、与第二电磁线圈13₂相关联的第二极片14₂。第二螺线管致动器47₂包括具有向内取向的磁化的两个永磁体18₂。

[0223] 在图11中,为了清楚起见省略了共同的挠曲件6、16。然而,可以使用纵向挠曲件,如上文所述的圆柱形挠曲件、上文所述的端部挠曲件或其它形式的弹簧布置。

[0224] 如图11所示,第一致动器47₁的第二极片14₁和第二致动器47₂的第一极片4₂由单个共同的磁性材料片提供。

[0225] 第一多致动器布置46对于给定直径的致动器可以传送增大的力。因此,其可以在对致动器的直径有限制的情况下使用,如在燃料喷射器中使用。

[0226] 多致动器布置46可以在例如湿式致动器中使用,如下文所描述的。扩展的致动器

[0227] 参考图12和12a,其示出了扩展的致动器49。

[0228] 如图12和12a所示,扩展的致动器49可以被视为布置在中心轴50的周围的第一和第二致动器49_A、49_B的并行布置(在旋转对称致动器的情况下),或被视为布置在中心平面50'(图12b)的第一和第二致动器49_A、49_B的并行布置(在矩形致动器的情况下)。

[0229] 扩展的致动器49包括缠绕在轴50上的第一和第二对电磁线圈3_A和3_B、与第一对电磁线圈3_A、3_B相关联的第一扩展的极片4_{AB}、与第一极片4_{AB}轴向间隔开的扩展的电枢5_{AB}。第一扩展的致动器49也包括第二对电磁线圈13_A、13_B、与第二对电磁线圈13_A、13_B相关联的第二极片14_{AB}。扩展的致动器50包括具有向外和向内取向的磁化的第一和第二对永磁体18_A、18_B。

[0230] 如图12a所示,致动器49关于中心轴50大致对称。在这种情况下,致动器具有中心孔或管腔L。然而,致动器50可被布置成直线式的,其具有矩形的电枢且具有条状永磁体18_A、18_B,如图12b所示。

[0231] 在图12中,为了清楚起见省略了挠曲件6、16。然而,可以使用纵向挠曲件,如本文所描述的圆柱形挠曲件和/或端部挠曲件或另一形式的弹簧布置。

[0232] 因此,由于更大的极片区域,扩展的致动器49可以提供更大的致动力。通过以这种方式有效地结合两个致动器,可以提供每单位电枢面积具有较小质量的电枢。因此,仍然可以实现快速致动。

[0233] 精密的多致动器布置

[0234] 参考图13,其示出了多致动器布置51。

[0235] 如图13所示,多致动器布置51包括堆叠的合并的第一、第二和第三致动器单元

52₁、52₂、52₃。每个致动器单元52₁、52₂、52₃都围绕着各自的电枢5₁、5₂、5₃布置,电枢5₁、5₂、5₃通过一布置(未示出)连接,使得它们沿着共同的纵向轴53一起移动。

[0236] 每个电枢5₁、5₂、5₃都插入在提供下部和/或上部极片4₁、14₁、4₂、14₂、4₃、14₃的软磁性材料的块54₁、54₂、54₃、54₄之间。第一块54₁提供第一致动器单元52₁的下部极片4₁。然而第二和第三块54₂、54₃的每一个提供一个致动器单元52₁、52₂的上部极片14₁、14₂和另一个相邻的致动器单元52₂、52₃的下部极片4₂、4₃,从而有助于布置51的合并的结构。第四块54₁提供上部极片14₃。

[0237] 电磁线圈3₁、3₂、3₃、3₄缠绕在穿过软磁性材料的每一个块54₁、54₂、54₃、54₄的各自的横轴55₁、55₂、55₃、55₄上。如图13所示,第一线圈3₁缠绕在第一横轴55₁上并与第一下部极片4₁相关联。第二和第三线圈3₂、3₃分别缠绕在第二和第三横轴55₁、55₂上并分别与第二和第三下部极片4₂、4₃相关联。第二和第三线圈3₂、3₃的每一个不仅提供了下部线圈,而且有效地提供了分别与第一和第二上部极片14₂、14₃相关联的上部线圈。第四线圈3₄缠绕在第四横轴55₄上并与第三上部极片14₃相关联。如图13所示,第一和第三线圈3₁、3₃以第一指向(或“方向”)缠绕,第二和第四线圈3₂、3₄以第二反指向缠绕。

[0238] 每个电枢5₁、5₂、5₃都包括设置在电枢5₁、5₂、5₃的中心的具有磁化19₁、19₂、19₃的永磁体18₁、18₂、18₃。然而,如图13所示,磁化19₁、19₂、19₃的取向交替地穿过布置51使得相邻磁体18₁、18₂、18₃的取向相互反平行。

[0239] 连接布置(未示出)可以是穿过线圈的任一侧的极片4₁、14₁、4₂、14₂、4₃、14₃延伸的双轴。

[0240] 在图13中,为了清楚起见省略了挠曲件6、16。然而,可以使用纵向挠曲件,如本所描述的圆柱形挠曲件和/或端部挠曲件或另一形式的弹簧布置。优选地使用端部挠曲件以最小化布置51的直径。

[0241] 多致动器布置51和致动器56(图14)、59(图15)可以为给定的直径和宽度的致动器提供增大的力。堆叠致动器单元,每一个致动器单元都具有极片区域A,通过将总表面区域增加到3A来传送更多的力。与单个的致动器相比,例如,相同直径或宽度的致动器11(图2)相比,堆叠致动器单元还允许更高的加速度,因为可以使用较细的电枢。多致动器布置51可以在对致动器的直径有限制的情况下使用,如在燃料喷射器中使用。

[0242] 通过省略第一和第四线圈3₁、3₄,从而仅留下两个线圈,可以修改多致动器布置51。

[0243] 参考图14,其示出了另一多致动器布置56。

[0244] 多致动器布置56与图13中示出的布置51相同,除了电枢5₁、5₂、5₃逐渐变细使得它们具有成形的下部和上部表面57₁、57₂,并且软磁性材料的块54₁、54₂、54₃、54₄具有用于定位电枢5₁、5₂、5₃的相应地成形的上部 and 下部表面58₁、58₂。磁体18₁、18₂、18₃可以保持相同的形状和大小。

[0245] 因此,减小了电枢5₁、5₂、5₃的质量,对于给定的力其能够使致动器更快。

[0246] 多电枢布置

[0247] 参考图15,其示出了三电枢致动器59。例如,致动器59可以在直接柴油喷射器中使用。

[0248] 致动器59包括叠层,该叠层顺序地包括:第一电枢5₁、第一极片4、第二(或“中心”)电枢5₂、第一极片14和第三电枢5₃。电枢5₁、5₂、5₃通过一布置(未示出)连接,使得它们沿着共

同的轴53一起移动。电磁线圈3缠绕在中心电枢5₂上。第一和第二极片4、14分别包括第一和第二永磁体18₁、18₂。线圈3被布置在邻近中心电枢5₃的极片4、14中,第一和第二永磁体18₁、18₂被布置在邻近第一和第三电枢5₁、5₃的各自的极片4、14中。连接布置(未示出)可以是穿过线圈的任一侧的极片4、14延伸的双轴。

[0249] 在图15中,为了清楚起见省略了挠曲件6、16。然而,可以使用纵向挠曲件,如本文所描述的圆柱形挠曲件和/或端部挠曲件或另一形式的弹簧布置。优选地使用端部挠曲件以最小化布置59的直径。

[0250] 由于通过三电枢布置创建的表面区域的增加,致动器59可以提供更大的力。由于永磁体18₁、18₂被设置在极片中,这可以帮助减小电枢的质量,致动器59还可以表现出快的加速度。

[0251] 在图13、14和15所示的实施例中,极片和电枢在平面图中是大致圆形的,并且线圈和磁体横跨设备的直径。然而,极片和电枢在平面图中可以是矩形的。

[0252] 机械弹簧常数

[0253] 短行程通量开关的致动器可以表现出优于具有相同的极区域的单动式螺线管致动器的一个或多个优点,其在燃料喷射器应用中特别有用。例如,短行程通量开关的致动器能够实现从未驱动状态到驱动状态的更大的力变化和/或对于给定的力表现出更快的加速度。此外,短行程通量开关的致动器可以施加是驱动电流的线性函数的力,因此提供更大的控制。它也提供在任一方向产生力的能力。

[0254] 短行程通量开关的致动器包括表现出线性或实质上线性的负弹簧系数的磁性弹簧。在行程中心的弹簧常数趋于最小,在行程端部的弹簧常数趋于较大。对于短行程致动器,弹簧常数的中心值将会是端部值的约90%。本文所描述的和在如上的W02011/058344A1中所描述的致动器的性能可以通过使用具有不同弹簧系数的弹簧来调整。

[0255] 首先,致动器可以不具有任何弹簧。因此,致动器通过不同极性的电流或电压脉冲来打开和闭合,并保持打开或闭合的状态直到切换结束。

[0256] 第二,致动器可以具有弹簧,该弹簧施加一种在行进的长度上实质上恒定的闭合力,并且该力足以防止致动器锁定在阀门打开状态。例如,这可以通过预压缩显著大于致动器的行进长度的量的线圈弹簧实现。

[0257] 对于给定直径的致动器,这可以提供在闭合位置处具有极高的密封力的致动器(及因此阀门)。在阀门需要高密封力以实现低泄漏,或阀门必须抵抗尝试打开该阀门的高水平的反压力时,这是有利的。这种高水平的压力可归因于诸如在不平衡的、向外开口的汽油直接注射(GDI)喷射器中的燃料压力或归因于在用于如氢气、丙烷或天然气的气体燃料的向内开口的直接注射单元中的燃烧压力。

[0258] 这种致动器还具有下述特征:当其打开时,磁性闩锁力抵抗弹簧闭合力。因此,该阀门可以用小电流保持打开并因此导致较低的电力耗散。

[0259] 第三,致动器可以具有其弹簧常数约等于磁性弹簧的负弹簧常数的弹簧,但具有一些当致动器未被驱动时就足以偏置该喷射器阀门朝向闭合位置的净力。这可以从给定的致动器(或阀门)中产生最高速度操作,因为在行程的一端,驱动致动器使其朝向行程的另一端是有可能的。

[0260] 最后,致动器可以具有其弹簧系数大于例如磁性弹簧的负弹簧常数的1.1、1.5或2

倍的弹簧。这产生了其中比例开口可以简单地通过设置稳态驱动电流来实现的致动器(或阀门)。在包括汽车应用的许多应用中,当致动器不被驱动时,弹簧弹力可以被偏置以确保阀门闭合。

[0261] 不同的机械弹簧常数的致动器性能

[0262] 参考图2,如果致动器11的机械弹簧常数的绝对值高于磁性弹簧常数的绝对值,那么电枢5的位置可以以一种稳定的开环方式控制。

[0263] 图16示出了当机械弹簧6、16具有大于磁性弹簧的硬度的硬度时,对于不同的升程,用于螺线管致动器11的力与驱动电流的曲线。机械弹簧6、16具有 800Nmm^{-1} 的弹簧常数,相对的磁性弹簧具有 600Nmm^{-1} 的弹簧常数,最大行程为 $310\mu\text{m}$,螺线管的直径为 24mm ,磁体偏置为 0.6T ,并且 $N=43$ 匝。

[0264] 如图16所示,通过选择各种不同的驱动电流可以实现稳定位置。该电枢5在打开力为零时处于稳定位置。电枢5的移动随着电流的增加而增加。相比之下,螺线管1(图1)没有提供对电枢5的位置的这种精确的控制,并且电枢(及因此阀门)位置和电流之间的关系既是非线性的也是滞后的。

[0265] 图17示出了当机械弹簧常数和磁性弹簧常数匹配时的致动器11的性能。在这种情况下,机械弹簧6、16具有 600Nmm^{-1} 的弹簧常数。

[0266] 如图17所示,位移曲线重合说明了致动器11不能提供开环位置控制。然而,通过使用这种弹簧布置,电枢5可以以最快的速度在行程的端部之间移动。

[0267] 图18示出了当机械弹簧常数小于磁体弹簧常数时的致动器11的性能。在这种情况下,机械弹簧6、16具有 400Nmm^{-1} 的弹簧常数。

[0268] 当电流达到足够的量值以从阀门闭合位置移动电枢,接着需要较低的电流以获得所有其它的位置,并且因此,电枢5的中间位置更加难以以开环方式控制,但与传统的致动器1(图1)相比其仍然更容易控制。

[0269] 可以使用具有包括在如上的W02011/058344A1中公开的值的不同的弹簧常数的致动器。

[0270] 湿式致动器

[0271] 参考图19,其示出了一种包括管道或管60和用于控制通过管道60的流体(或“介质”)的流动的致动器61的布置。该流体可以被加压。

[0272] 致动器61具有轴62,第一和第二轴向间隔开的线圈3、13围绕着轴62缠绕在位于管道60外部的极片65(或“定子”)的内部。极片65通常是环形的,并由一个以上的部分65a、65b制成,以至于使其围绕着管道60装配。极片65可以由Soma1oy(RTM)形成。极片65容纳位于第一和第二线圈3、13之间的管道60的任一侧或围绕着管道60的圆周的一个或多个永磁体18。磁体66具有向内指向的磁化。

[0273] 盘状电枢5位于永磁体18之间的管道60的内部且在轴向间隔开的内极片69、70之间。内极片69、70可以由铁钴,铁钴铬或其它合适的材料形成。极片和极片65、69、70通常形成具有第一极和第二极71、72的“C”形磁芯,电枢5位于第一极和第二极71、72之间。

[0274] 弹簧6、16采用带槽的杆挠曲件的形式,该带槽的杆挠曲件的一端连接到电枢5上,其另一端通过具有穿过通道75的刚性板74连接到管道60的内壁上,该穿过通道75允许流体从一侧到另一侧流过该板。致动器61还包括具有与底座(未示出)接合的头部(未示出)的枢

轴76。弹簧6、16和枢轴76可以是一体的。这可有助于使该布置和致动器变得更轻。

[0275] 电枢5和极片69、70可以由FeCo(Vacoflux18HR)、FeCoCr(Vacoflux9Cr)合金制成。极片69、70或极片69、70的一部分可以由Soma1oy(RTM)材料制成。这些材料倾向于具有高渗透性、高饱和通量密度,并且在Soma1oy(RTM)情况下具有高电阻率。

[0276] 如果使用FeCo或FeCoCr,那么电枢5和极片69、70可以包括径向槽以减少涡流,并且从而增大了电枢5的速度。管60可以包括如环形脊的向内的凸起以支持或定位极片69、70。

[0277] 管可以是低渗透性的,这增加了磁路的磁阻。可替换地,该管可以是较高渗透性的,这增加了绕过电枢间隙的漏磁通。在任一情况下,在永磁体周围的区域中的管的电导率包括驱动线圈上的短路线圈,由此增加电损耗。因此,管的厚度优选被减小、理想情况下被最小化以增加磁力。例如,管可以包括相关区域中的最小厚度的区域或槽(未示出)。管60的部分可以使用激光技术或其它局部材料处理技术来修改它们的磁性特征以实现邻近上部和下部间隙的管中的低渗透性和在沿着管的其它位置的高渗透性。与线圈3、13和磁体18相接触的管60的部分优选具有低饱和通量密度和/或低渗透性。管60的其它部分优选具有高饱和通量密度和高磁导率。

[0278] 管60沿其在致动器61的附近的长度不必具有相同的内部或外部直径。管60可以形成提供肩部或槽以为内部和外部组件提供位置。管60可以具有恒定的内径,但具有变化的壁厚度以提供更大的强度,例如,用来抵抗具有较大直径的部分中的环压力或压力集中发生的区域中的环压力。

[0279] 可以省略线圈3、13中的一个。这可以减小成本和/或复杂性。此外,仅使用线圈3可以有助于提供大的向上的致动力。

[0280] 外极片65可以在其最薄的部分或其它地方分离以允许组装磁体18和线圈3、13。线圈3、13可以盘绕在线圈架上(未示出)。线圈架(未示出)可以由薄壁的聚合物绝缘体形成。可替换地,可以使用自持线圈。

[0281] 磁体18可以是完全-烧结的、径向磁化的环或由径向磁化的或实质上径向磁化的(例如,通过使平行磁场穿过短弧)4个、6个或更多个弓形磁体构成的环。环形磁体可以使用压缩或注射模制技术制造。

[0282] 管60(除了开口)和致动器61可以使用容纳导体的合适的聚合物(含有或不含有使用玻璃纤维或其它合适材料的加固)过压成型,该导体使用连接器将致动器线圈3、13连接到接线器上的合适的连接器。

[0283] 校准和定时

[0284] 当致动器(如本文所描述的或在如上的W02011/058344A1中所描述的致动器中的一个)在燃料喷射应用中使用,它可以有助于提供允许使用校准弹簧来调节闭合力(或“预加载力”)的布置。

[0285] 参考图20,其示出了基于通量开关的致动器的向内开口的喷射器78。

[0286] 喷射器78具有轴79,第一和第二轴向间隔开的线圈3、13围绕着轴79缠绕在外极片80的内部。外极片80在第一和第二线圈3、13之间容纳一个或多个永磁体18。磁体66具有向内指向的磁化。

[0287] 盘形电枢5位于永磁体18之间,并且位于轴向间隔开的内极片81、82之间。外极片

和内极片80、81、82通常形成具有第一极和第二极的“C”形磁芯,电枢5位于第一极和第二极之间。

[0288] 弹簧6、16是预加载的硬的线圈弹簧。致动器78也包括具有与底座85接合的头部84的向内开口的枢轴83。

[0289] 通过向下移动调整销86可以实现枢轴83上的闭合力,从而增加了校准弹簧87的压缩。这改变了喷射器78的开启响应并允许喷射器78被修整以符合预先设定的性能规范。

[0290] 校准弹簧87与弹簧6、16相比具有较低的硬度。校准弹簧87的弹簧刚度可以被选择来修整整个机械弹簧系统的弹簧刚度。因此,除了当头部84被安置时改变预加载力之外,校准弹簧87也可以被选择(例如,选择每个都具有不同的弹簧刚度的一组弹簧)来修整弹簧刚度。

[0291] 被选择刚度的校准弹簧也可以用于如在如上的W02011/058344A1中描述的向外开口的喷射器。

[0292] 永磁体18的能量密度通过在生产过程中调节磁场的强度可以改变。这可以用来获得用于形成喷射器78的基础部件的致动器的合适的磁性刚度。

[0293] 线圈3、13和电枢5非常紧密地磁耦合,并且因此当电枢5移动时由电枢5产生的任意反电动势可以用来监控随时间和温度变化的性能。因此测量的反电动势可以用来通过调节驱动参数如保持电流来修整致动器的性能。

[0294] 线圈3、13中的一个例如下部线圈3可以被省略。

[0295] 机械防反弹

[0296] 在采用了图1所示的单动式螺线管的向内开口的喷射器中,枢轴可被与其直接相连的电枢提升并因此喷射燃料。当流向螺线管的电流被去除时,枢轴关闭。然而,由于朝向阀座的机械弹簧的闭合力与电枢和枢轴的动量,该枢轴可能反弹。该反弹是不希望的,因为它可能引入少量的难以雾化的燃料,这可能导致不合要求的废气排放。

[0297] 参考图21,其示出了向内开口的喷射器90,该向内开口的喷射器90包括通量开关的致动器和防反弹布置。在图21中,所示出的喷射器90处于部分打开的位置。

[0298] 喷射器90关于中心轴91大致对称并包括薄壁的压力管92。线圈13缠绕在外极片93的内部,该外极片93位于压力管92的外部。另外,在磁体18的另一侧也可以提供轴向间隔开的线圈。外极片93容纳具有向内取向的磁化的一组永磁体18。压力管92容纳连接到管92的内壁的上部和下部极片94、95。

[0299] 喷射器90包括容纳校准插头97和校准弹簧98的燃料入口路径96,该校准弹簧98用于向包括枢轴套环99、枢轴管100和枢轴密封元件101的枢轴组件施加预加载。枢轴密封元件101在阀座102上形成了金属对金属的密封,该阀座102包括用于雾化燃料的孔103。

[0300] 喷射器90包括电枢组件,该电枢组件包括主盘形部分5、从主电枢部分5垂挂下来的一体式套筒105、该主电枢部分5在其远端具有外套环106。主电枢部分5包括气体/液体-阻尼-降低通孔5a。电枢组件5、105、106安装在枢轴管100上,并沿着管100自由滑动。

[0301] 典型地,当阀门被关闭时,电枢5在初始的防反弹期间后与套环99相接触。

[0302] 当线圈3、13被通电时,电枢组件5、105、106向后移动(即,在远离阀座102的方向)并通过枢轴套环99提升枢轴组件99、100、101远离阀座103。弹簧6、16通过电枢套环106直接作用在电枢布置上并被压缩。

[0303] 当线圈3、13被断电时,弹簧6、16和校准弹簧98将枢轴组件99、100、101和电枢组件5、105、106朝向阀座103偏置,即偏置到密封位置。当密封元件101开始与阀座102接触时,枢轴组件99、100、101开始静止。然而,电枢组件5、105、106自由地继续向前移动(即,在朝向阀座105的方向)

[0304] 弹簧107通过电枢套环106也作用在电枢布置5、105、106上,并可以用来吸收电枢组件5、105、106的动能。阻尼弹簧107偏置电枢组件5、105、106远离阀座105,因此电枢5抵靠着套环99停止,准备开始下一喷射循环。由于燃料粘性造成的损失可以帮助消散能量。因此,当电枢返回来与枢轴相接触时,枢轴没有脱离阀座。

[0305] 例如,基于所需的弹力,可以省略弹簧6、16。

[0306] 如果弹簧6、16、98、107(安装的)的弹簧刚度之和超过磁性弹簧的弹簧刚度,那么致动器可以是静态稳定的可变升程类型的致动器。可替换地,弹簧6、16、98、107(安装的)的弹簧刚度的总和可能小于磁性弹簧的的弹簧刚度,其给出与图18所示的响应类似的响应。

[0307] 图20和图21所示的致动器和喷射器可以具有在9mm和18mm之间的管直径 d_1 ,并且可以具有在约16mm和26mm之间的外径 d 。通常地,该外径 d 约为22mm。致动器可以具有0.025mm和0.8mm之间的冲程。冲程可以较大,例如多达1mm或更大或更小。然而,例如使用下文描述的控制单元,该喷射器可以被控制以提供部分升高。

[0308] 喷射器90包括“O”形环109,当喷射器连接到燃料源(未示出)时,其提供了密封。

[0309] 弹簧6、16可以采用膜片弹簧的形式。弹簧6、16和/或弹簧107可以被设置在电枢5的上游。

[0310] 不需要使用电枢和枢轴的两件式布置,即,电枢5和枢轴组件99、100、101可被形成以便一起移动。

[0311] 可以省略线圈3、13中的一个,例如下部线圈3。

[0312] 磁性性能的稳定

[0313] 可以通过在高于正常的操作温度的升高的温度下加热永磁体18一段时间来稳定该永磁体18。该过程可以称为“浸热”。可选地,磁体18可以用从线圈组(未示出)施加的反向电场来加热,或将磁体置于自消磁布置中,例如,或是彼此分离较远的或是彼此相对的。

[0314] 较长的行程长度

[0315] 在如上的W02011/058344A1中所描述的螺线管致动器通常是短行程的螺线管致动器。典型地,对于短行程的螺线管致动器, $d/\Delta t$ 至少为100并且可以大于1000,其中 Δt 是行程(或“冲程”)的长度(即,沿着行程的轴),并且 d 是致动器的外部宽度或直径。致动器的外部宽度通常对应于极片的外径。

[0316] 然而,对于本文描述的螺线管致动器和在如上的W02011/058344A1中描述的螺线管致动器,其已经被修改, $d/\Delta t$ 可以是20或更多。例如,对于具有约16mm的直径的致动器,冲程可以高达0.8mm。

[0317] 因此,螺线管致动器和包括本文所描述的这种螺线管致动器的喷射器可以被配置成具有较长的冲程,例如, $d/\Delta t < 100$ 。 $d/\Delta t$ 可以至少为20。水和空气阀致动

[0318] 本文所描述的致动器可以用来控制将水或水和醇和/或水溶性石油的含水混合物喷射到发动机的燃烧室中的阀门。该混合物可以采用乳液的形式。本文所描述的致动器可以用来喷射燃料或空气。

[0319] 电气继电器

[0320] 本文描述的致动器具有非常高的速度并且可以用来切换电触点,因此形成了继电器。致动器优选具有至少0.5mm或至少1mm和/或高达1mm、高达2mm或高达3mm的行程长度。

[0321] 参考图7,致动器36可用作包括第一和第二端子(未示出)的单极单投继电器。轴32连接到柔性电触点(未示出)上,柔性电触点连接到第一端子上。电触点的自由端与连接到第二端子的固定电触点分离。电触点被一间隙隔开。当线圈3、13被通电时,轴32促使柔性触点与固定触点直接接触,由此闭合开关并连接端子。当线圈3、13被断电时,轴32回到其初始位置,从而拉回柔性触点并断开该连接。

[0322] 可以使用本文描述的或在如上的W02011/058344A1中描述的其它致动器。可以使用其它形式的挠曲件。可以使用更复杂的、多极和/或多投继电器。

[0323] 本文描述的致动器可以提供大的闩锁力。如果需要双闩锁,那么致动器被配置成使得磁性弹簧的刚度在量值上大于弹簧的刚度。

[0324] 致动器可以被设置成可以在打开位置和闭合位置闩锁。

[0325] 驱动器电子设备、驱动器波形和反电动势波形

[0326] 参考图22,其示出了用于致动器的一个或多个线圈3、13的控制单元110。控制单元110可以用来控制本文描述的或在如上的W02011/058344A1中描述的任何致动器或致动器布置,其可以具有一个线圈3、13或多于一个线圈3、13。如果致动器包括多于一个线圈3或如果控制单元控制多于一个致动器,那么控制单元可以以相同的方式或互补的方式(即反相)驱动线圈3、13。

[0327] 控制单元110包括用于向线圈3、13提供驱动波形112的驱动器111和用于测量反电动势波形114的感测电路113。驱动器111和感测电路113由控制器115控制。

[0328] 提供给致动器的驱动器111和驱动波形112都优选被优化以获得所需的性能,如提供在行程的端部之间的最快的移动,最快地移动到行程的端部之间的中间位置,并提供另外的负力以阻止致动器从其通常的稳定位置移动。

[0329] 感测电路113和反电动势波形114可以用来识别移动的速度,并且可被积分以计算位置。反电动势波形114可以用来调整致动器的驱动,例如以适应磁性或机械弹簧性能随温度的变化。反电动势也可以用来补偿长期的机械和磁性退化。

[0330] 低阻抗电压驱动器111可以简单地从反电动势提供速度控制,前提是电枢5和线圈3、13之间具有紧密的机电耦合。这可以在喷射循环的打开和关闭部分期间(例如在致动器打开期间)利用,通过在初始高电压阶段后使电压降至(或接近于)零以允许电流在进入恒定电流保持阶段之前从刹住电枢速度的反电动势流动。

[0331] 在下文中,描述了用于汽车应用中的燃料喷射器的致动器驱动技术和电路。然而,该驱动技术和电路适用于并可用于其他非汽车应用中。

[0332] 喷射器驱动技术和电路

[0333] 图23示出了控制单元110的第一实施例。

[0334] 还参考图23a,控制器110控制线圈3、13在接通和关断期间以恒定电压模式驱动,并且在保持阶段以恒定电流模式驱动。在保持阶段的电流量由控制器115设置,该控制器115控制供应到晶体管116的基极的电压。电流传感器117可以检测流过线圈3、13的电流,并且电路118可以用于减缓电路性能的温度跟踪,即,不需要快速动态控制。

[0335] 电压驱动器119提供接通电压 $V_{\text{最大}}$ 。该接通电压可以由控制器115根据(车辆的)驱动条件设置。晶体管116最初由电流要求波形过驱动,因为它需要有限的时间使电流增大到所需的水平。与线圈3、13并联的箝位二极管120用于断开。可以包括与二极管120串联的齐纳二极管(未示出)用于更高的断开电压从而更快地断开。

[0336] 特别参考图23a,驱动波形112或(“驱动信号”)包括多个部分112₁、112₂、112₃、112₄和112₅,该多个部分包括接通部分112₁、保持部分112₂、可选的断开部分112₃、可选的防反弹部分112₄和关断部分112₅。

[0337] 接通和保持部分112₁、112₂可以采用简单脉冲的形式,例如具有振幅 V 和持续时间 T 的方形脉冲。振幅 V 设置控制喷射器的打开程度的电流,例如打开或部分打开(即部分升高),并且持续时间 T 设置喷射的持续时间。

[0338] 然而,接通和保持部分112₁、112₂可以采用阶梯式脉冲的形式,例如,如图23a所示。接通部分112₁的振幅和持续时间被布置成使得在接通部分112₁的末尾,电枢在正确的保持位置并处于静止状态,且在线圈3、13中的电流等于保持电流。脉冲宽度调制(PWM)可用于形成保持部分112₂。接通部分112₁的电压可以具有与保持部分112₂的电压不同的振幅以调整电流上升所花费的时间。

[0339] 在恒定保持电流进入之前,较低的电压在驱动中提供了倾斜,较高的电压允许达到较高的起始电流。这可以是有益的,因为这可以用来在喷射器到达部分升程点时最小化喷射器的残余振荡。最小化残余振荡也可以通过改变 V 驱动设置点来实现。当喷射器进入恒定电流阶段时,这可以通过使用电压监测器121监测振荡来进行。较高的初始电压表示向上移动的电枢,较低的电压表示向下移动的电枢。这可以用来修整 V 驱动119的设置点,使得以后的脉冲具有较低的振荡。

[0340] $V_{\text{保持}}$ 可以设置为小于或等于电池电压。控制单元110优选被设置成使得 $V_{\text{最大}}$ 由升压电路(未示出)提供。

[0341] 如图23a所示,在负的情况下,断开部分112₃可以与接通部分和保持部分112₁、112₂具有相反的极性。可以提供短路防反弹电压112₄以帮助阀门在预先设定的如在 0.5 和 1.5ms^{-1} 之间的速度范围内停止,和/或来确保线圈3、13中的电流为零或接近零。典型地, T_c (或 T_c+T_d)约等于 T_A 。

[0342] 图24示出了控制单元110的第二实施例。

[0343] 图24所示的控制单元110提供了与图23所示的控制单元110相同的功能,但可以具有更低的损耗。然而,图24中所示的控制单元110使用了较快的控制回路来调整半桥开关122以提供可变电压驱动和特别快的控制以使用致动器电流的实时感测提供恒定电流驱动。

[0344] 参考图24a,脉冲宽度调制(PWM)用来提供驱动波形的接通和保持阶段112₁、112₂。接通部分112₁被设置成使得在接通部分112₁的末尾,电枢在正确的保持位置并处于静止状态,且在线圈3、13中的电流等于保持电流。波形的断开部分112₃用来关断致动器/喷射器。这是接通部分112₁的反相形式,脉冲持续时间被调整从而以一种无反弹的方式关闭阀门。

[0345] 如图24a所示,波形的接通部分112₁包括第一和第二脉冲125、126。第一脉冲125具有持续时间 $T_{\text{接通1}}$ 。在第一脉冲125开始后,第二脉冲126开始于时间 $T_{\text{关断}}$,结束于时间 $T_{\text{接通2}}$,具有持续时间 $(T_{\text{接通2}}-T_{\text{关断}})$ 。

[0346] $T_{\text{接通1}}$ 的值用来控制升程的程度(即,设置目标升程或“保持位置”)。因此,较大的升程使用较大的 $T_{\text{接通1}}$ 值来实现。 $T_{\text{关断}}$ 的值用来控制电枢5在接通部分112₁的末尾的速度。 $T_{\text{接通2}}$ 的值用来设置用于将电枢保持在其保持位置所需的电流。

[0347] 在每种情况下,到接通部分112₁的末尾,电枢具有零速度,电枢到达保持位置,并且电流已经达到了将升程维持在保持阶段112₂的合适的水平。

[0348] 图24和图25所示的控制单元110都提供反电动势 v_s 电流和时间的感测,允许监测电枢5的动态,以及更直接的开路/短路监测。该信息可用于更新随着喷射器的老化(阀座磨损、磁体退化、过滤器负载)的驱动特性、燃料特性变化、以及应对喷射器、燃料的温度变化,并且在较小的程度上扩展驱动电子设备。

[0349] 可以使用控制单元,该控制单元提供恒定的接通电压,随后提供用于保持驱动的第二恒定电压。在保持阶段恒定电压的益处在于致动器线圈的反电动势自然地提供了致动器运动的阻尼。在部分升程操作期间,在初始驱动使得致动器超出希望的升程位置的情况下,这提供了额外的系统稳定性。

[0350] 另外,慢控制回路可以由控制单元运行,该控制单元监测在电压保持阶段的电流,以便随后的喷射可使其电压保持设置经过调整以补偿致动器的电阻由于例如线圈和电线的温度引起的变化。

[0351] 该技术也可以应用于开启电压阶段。

[0352] 在打开过程中,经常希望施加可用的最大电压。在这些情况下,有效的断路电压可以通过改变最大电压阶段的持续时间来调整。

[0353] 监测在恒定电压开启阶段的电流,可以检测出枢轴离开阀座的时间点,并用于快速回路中以基于脉冲来调整定时,或更适当地调整后继脉冲的驱动参数,或简单地作为状况监测器。

[0354] 现将更详细地描述驱动方法。

[0355] 该驱动方法适合于表现出随电流单调的升程的致动器。

[0356] 高阻抗(电流驱动)

[0357] 当致动器被阻尼并且慢速响应可被接受时,可以使用简单的驱动方法。简单的驱动方法包括:驱动通过线圈3、13的电流,该线圈3、13提供了所需的行进量(即,目标开口),并且等待直到实现所期望的行进量。该电流可以从电流和行程之间的预定的准静态关系(例如为查找表的形式(未示出))发现。

[0358] 机械阻尼可用于调节过冲/慢沉。例如,如果电枢过冲,那么就可以提供更多的阻尼。如果电枢按指数方式接近所需的升程,那么可以使用较少的阻尼。

[0359] 通过具有驱动器的有限源阻抗也可以通过电气方式提供阻尼。

[0360] -电压驱动-

[0361] 可以使用更复杂的驱动方法,当反电动势使得电流在与任何运动相反的方向流动时,其给出了较高的谐振频率,从而允许更快的切换。

[0362] 通过到切换阶段的末尾,满足三个条件可以实现在有限的驱动电压/电流包络线内的最快的切换,所述三个条件即,(i)电枢速度为零;(ii)该升程处于目标值以及(iii)电流适合保持该升程。驱动波形可以被修整以达到这些条件。

[0363] 如前面所解释的那样,对于来自非控制的干线电压的单个脉冲,可以控制三个参

数,即, $T_{接通1}$ 、 $T_{关断}$ 和 $T_{接通2}$ 。 $T_{接通1}$ 主要影响在接通末尾的升程, $T_{关断}$ 主要影响在接通末尾的电枢速度,以及 $T_{接通2}$ 主要影响在接通末尾的电流。

[0364] 在这些方案中,用来控制重复脉冲系统中的这些参数的最稳定的方式是使用从一个脉冲到下一个脉冲的前馈。

[0365] 参考图24a,脉冲电流的端部误差可以通过检查开始于接通脉冲1121的末尾的、在电枢/弹簧系统的共振频率下的电流振荡的余弦分量来发现。速度误差可以通过检查振荡的正弦分量来发现。不能获得正确的升程也导致了振荡的余弦分量。当致动器按指数方式朝向具有由电机因数和电阻设定的相对低的(例如通常是振荡周期的几倍)时间常数的准静态位置移动时,这可以由具有叠加在振荡上的电流漂移的位置误差来区分。这可以通过使用电流检测器、推断的并应用于随后的喷射循环的接通校正实现。

[0366] 所获得的准静态操作中的升程与电流的精确的长期更新可以通过燃烧监测回路和/或针对外部条件的映射完成,例如,燃料干线压强、温度(其可以由线圈电阻感测)。

[0367] 图25a至图25c示出了如何改变可以用来提供不同的升程位置的 $T_{接通1}$ 、 $T_{关断}$ 和 $T_{接通2}$ 。图25a至图25c使用以下参数进行了建模:

[0368] 表1

[0369]	参数	值	单位
	偏置 (电枢中途)	0.6	T

	极面积	130	mm ²
	间隙大小	610	μm
	机械弹簧常数	300	Nmm ⁻¹
	弹簧的中间位置	-180	μm
	饱和度	1.7	T
	电枢质量	5	g
	阀门闭合位置	-280	μm
	线圈匝数	43	-
[0370]	线圈电阻	0.5	Ω
	线圈电感	0.5	mH
	电机常数	11	NA ⁻¹
	磁性弹簧常数	-244	Nmm ⁻¹
	密封力	38	N
	时间步长	4	μs
	V _{供电}	14	V
	T _{接通1} 、T _{关闭} 、T _{接通2}		如图所示 s

[0371] 如图25a至25c所示,增加T_{接通1},增加了升程。

[0372] 修改

[0373] 应当理解,对前面描述的实施例可以作出各种修改。这些修改可以包括在致动器和/或喷射器及其零部件的设计,制造和使用中已经知道的等同特征和其它特征,该特征可以用来代替这里已经描述的特征,或者和这里已经描述的特征一起使用。一个实施例的特征可以被另一个实施例的特征替换或补充。

[0374] 例如,本文所述的扩展的和/或多个致动器可以用于本文所述的燃料喷射器中。本文所述的防反弹布置可用于向外开口的喷射器。本文所述的圆柱形挠曲件和/或基于板的挠曲件可以与本文所述的喷射器一起使用。本文所述的不同的磁体材料和/或软磁性材料可以与本文所述的燃料喷射器一起使用。本文所述的燃料喷射器中的控制单元可以与本文所述的致动器和/或喷射器一起使用。

[0375] 致动器可用于汽油、柴油、气体或其它流体阀中的伺服阀中。

[0376] 永磁体的取向可以被反向,例如向内取向的磁体可以被再定向为向外取向的磁体。在这种情况下,驱动电流的极性是相反的。

[0377] 尽管在本申请中权利要求已经被确切地阐述为特定的特征组合,但应该理解本发明的公开范围还包括在这里明确或隐含地公开的任何新颖特征或任何新颖特征的组合或者对其的任何推广,无论它是否涉及与当前在任何权项中所提出的相同的发明,也无论它是否解决了任何或所有与本发明所解决的相同的技术问题。申请人据此通知,在本申请或

者由其得到的任何其它申请的诉讼过程中,可以将新的权利要求表述为这些特征和/或这些特征的组合。

1

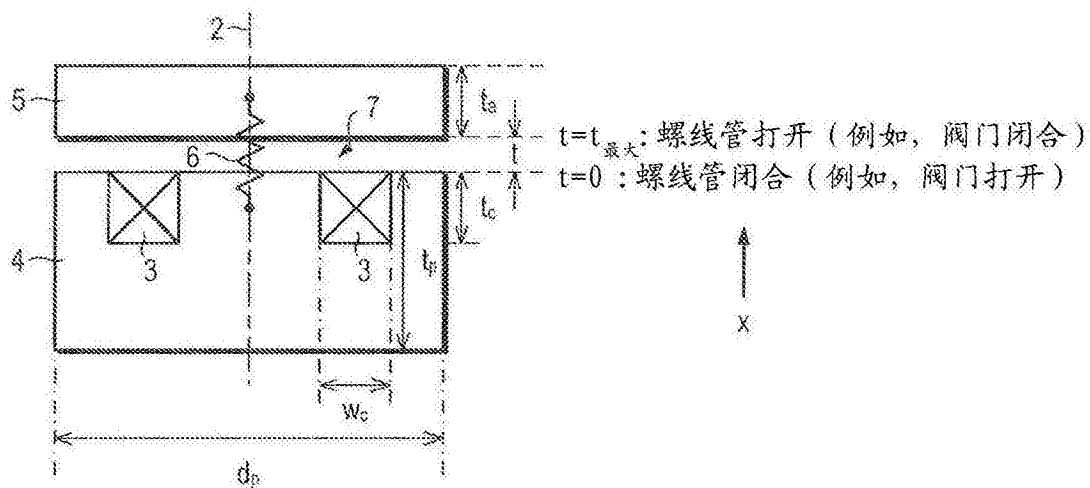


图1

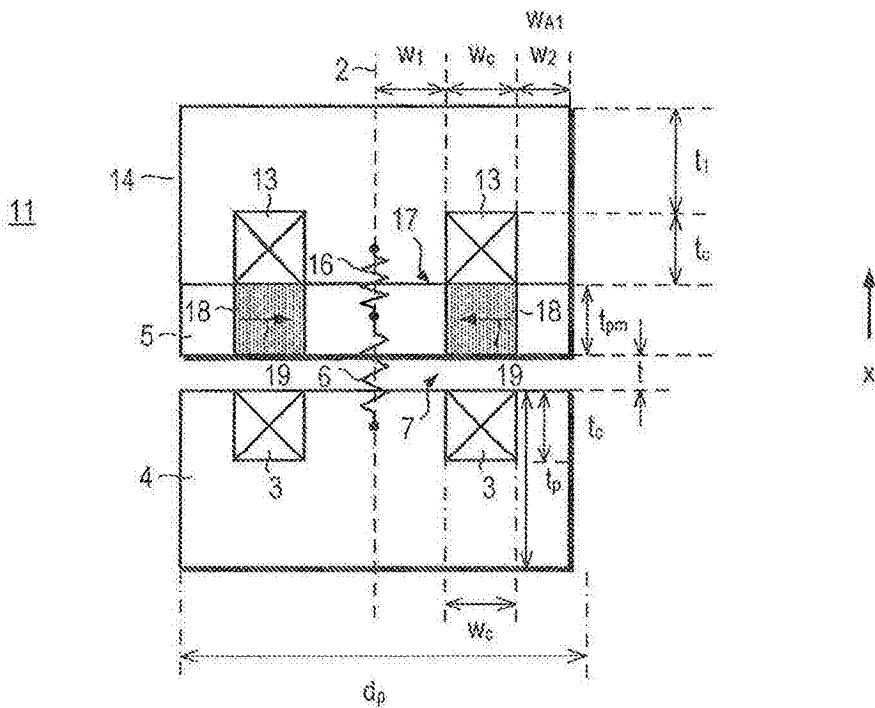


图2

磁力

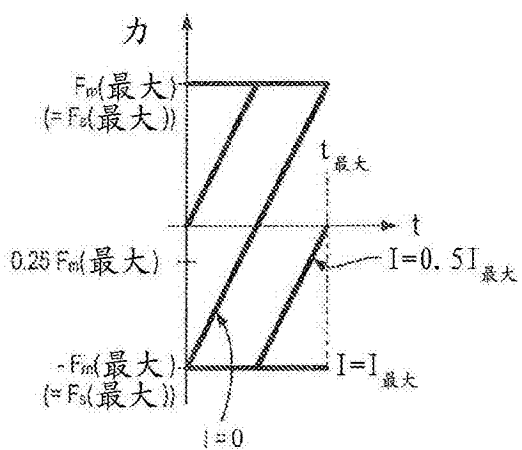


图3a

弹簧弹力

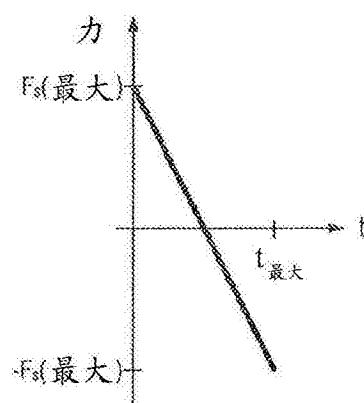


图3b

合力

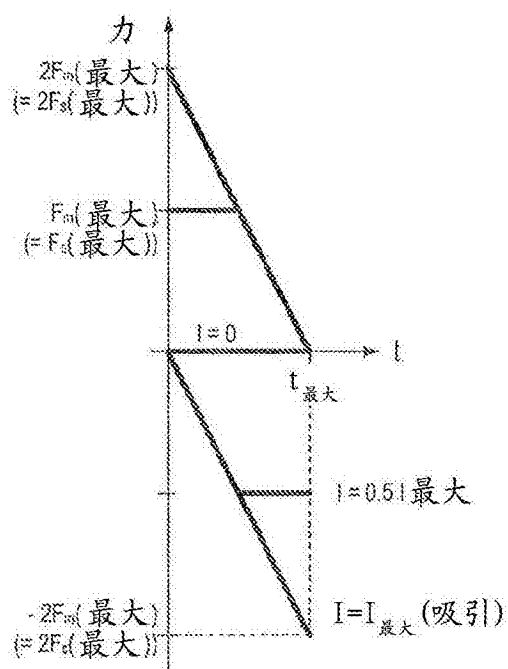


图3c

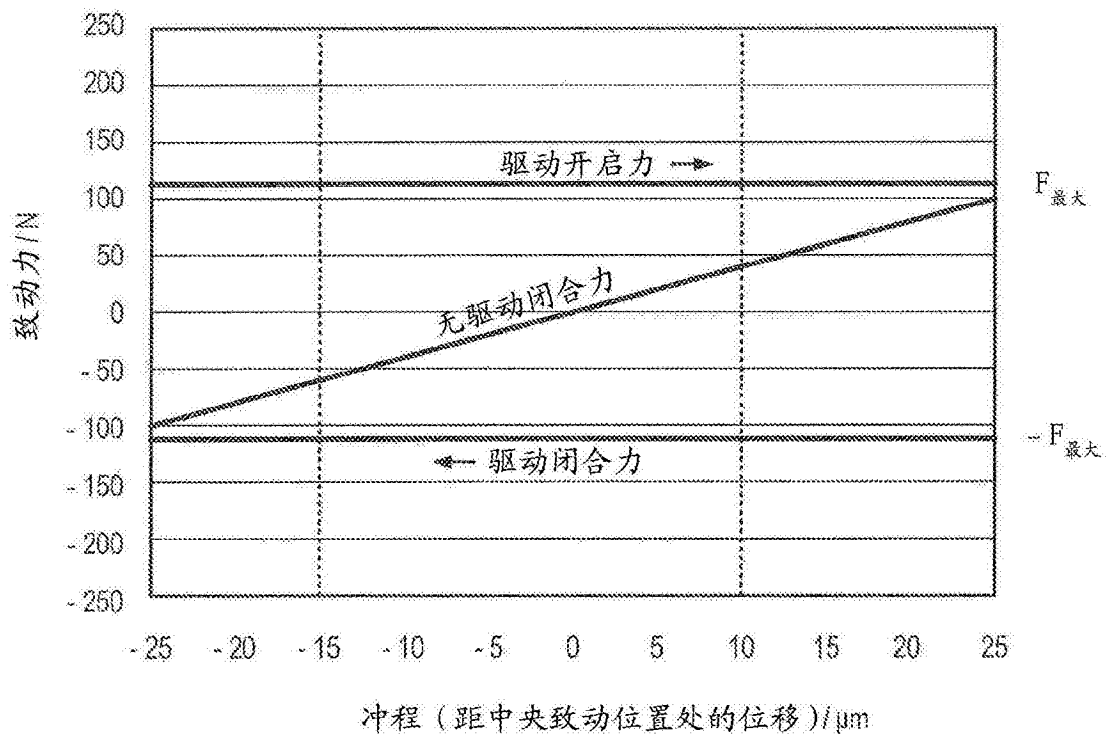


图3d

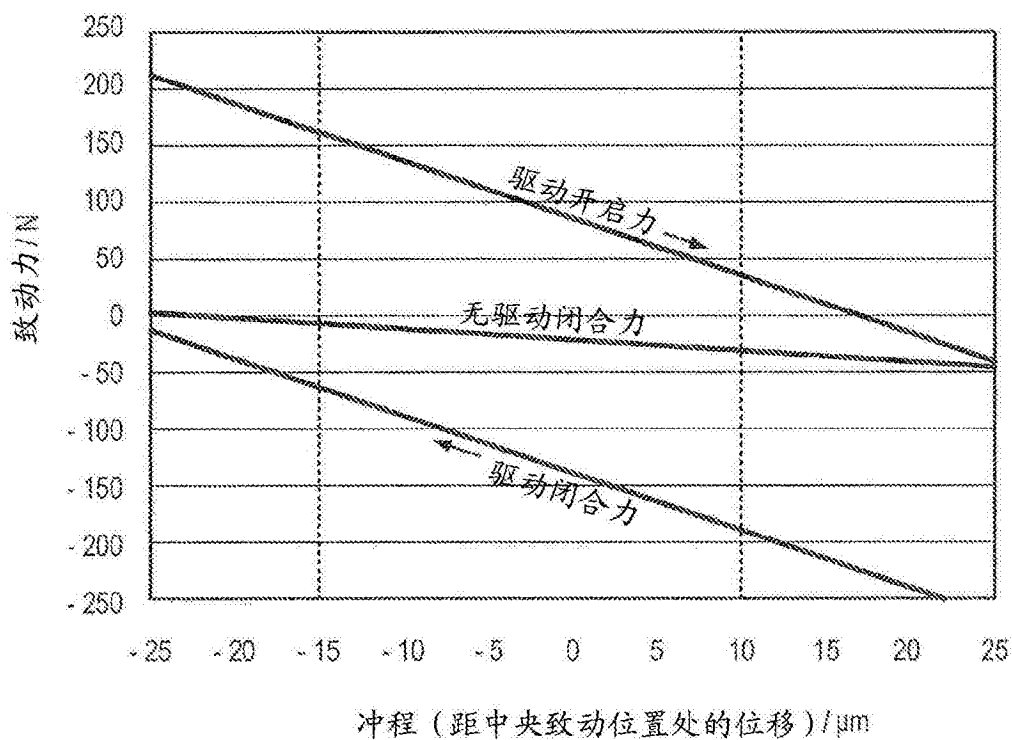


图3e

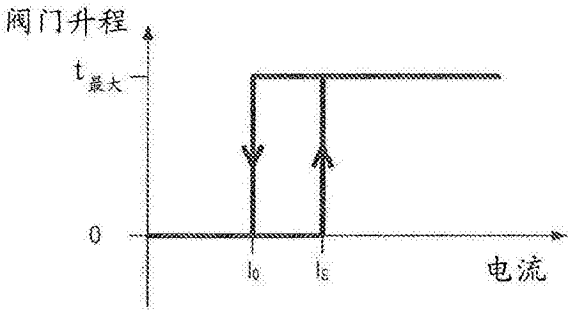


图4a

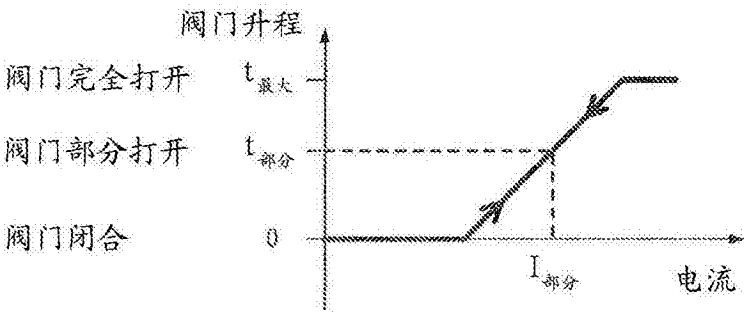


图4b

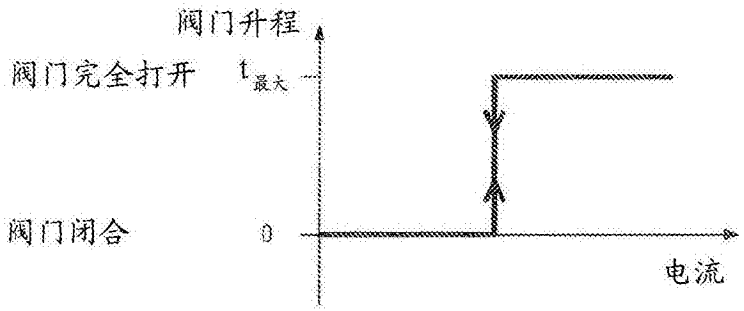


图4c

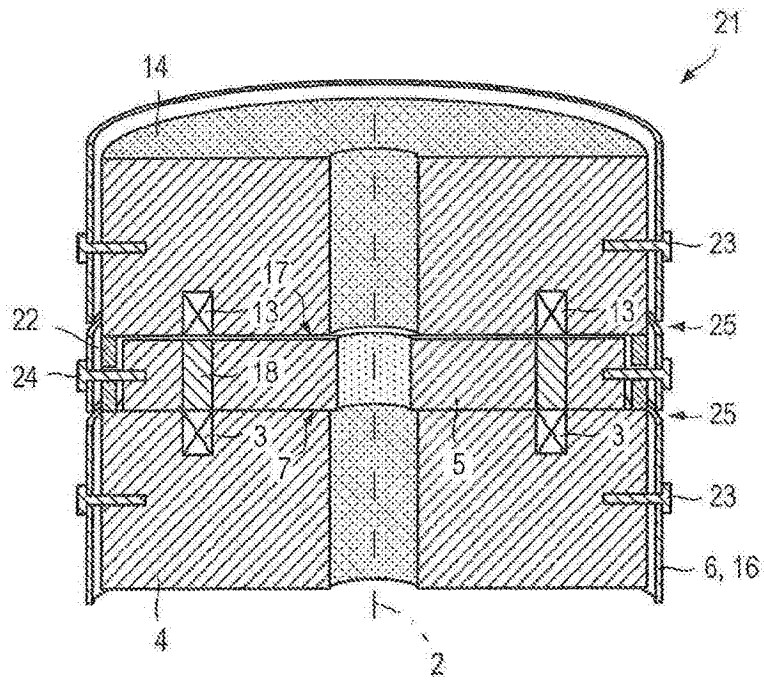


图5a

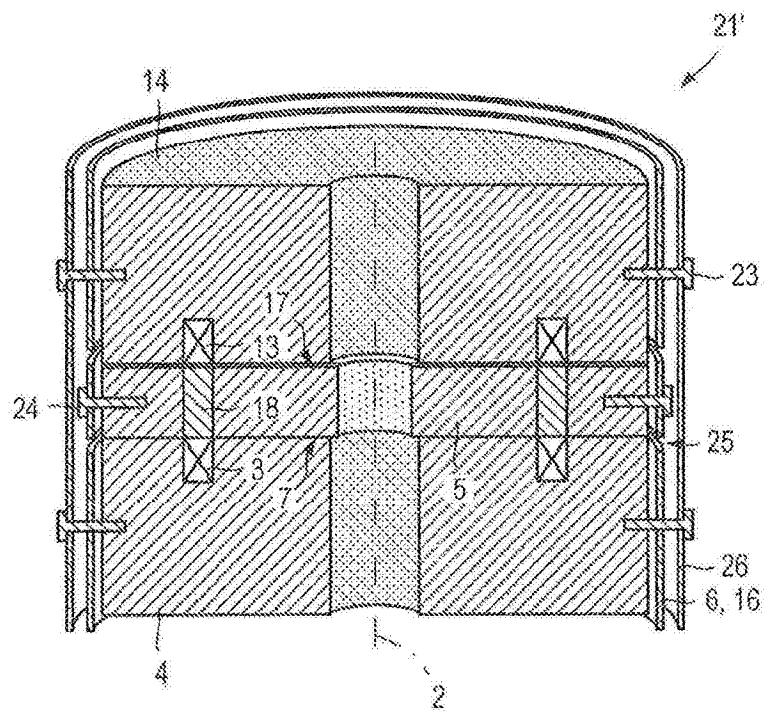


图5b

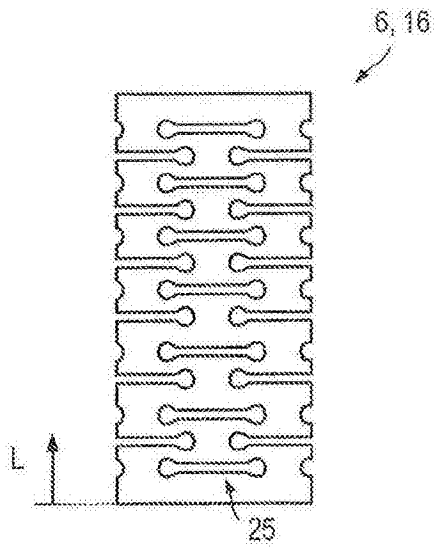


图5c

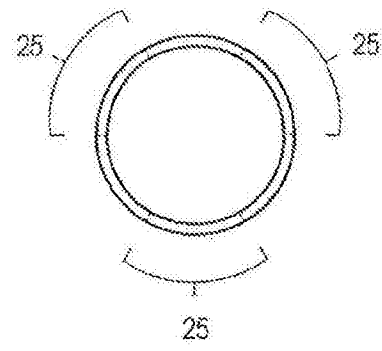


图5d

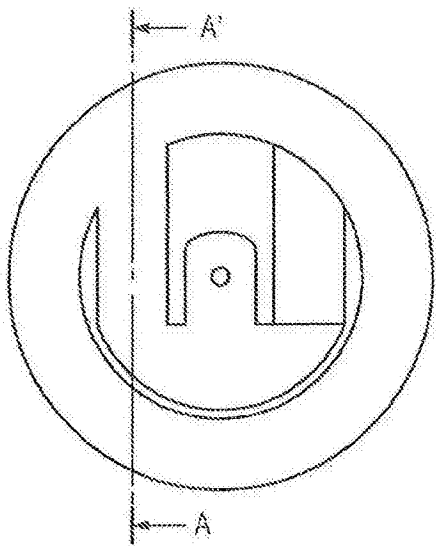


图6

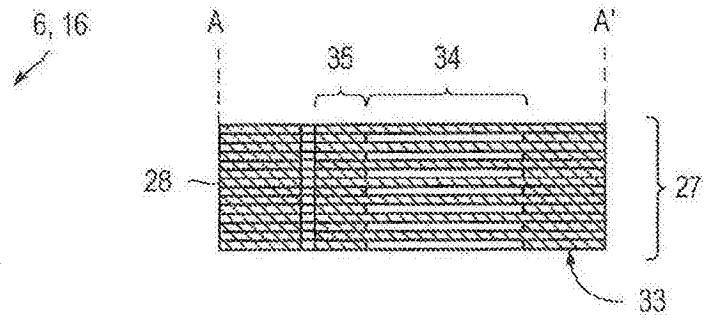


图6a

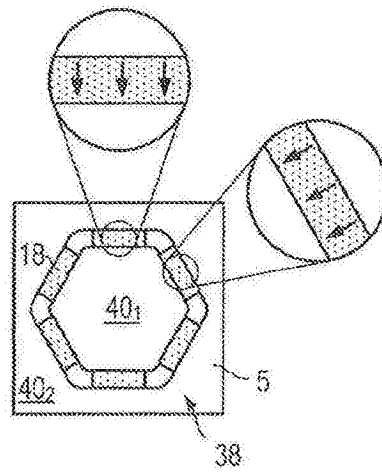


图8b

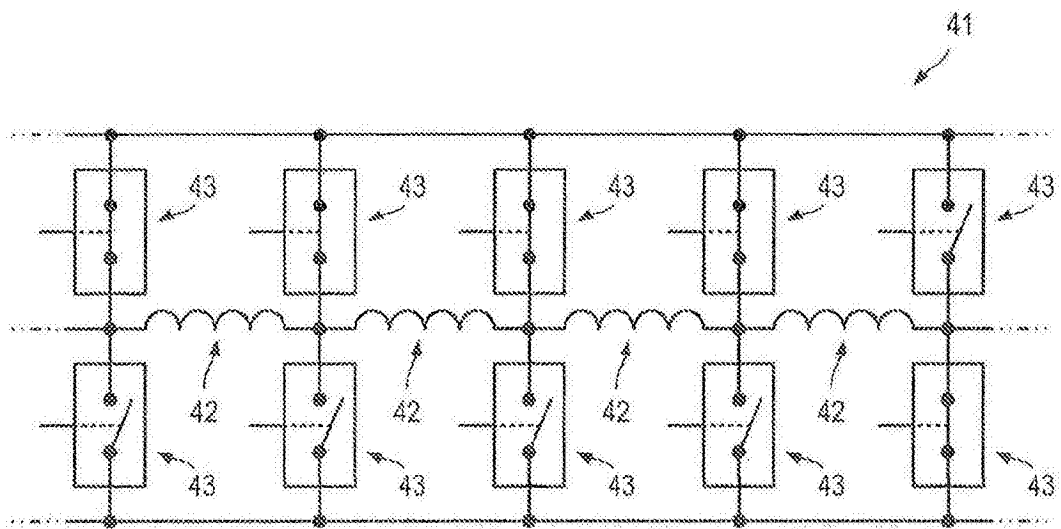


图9

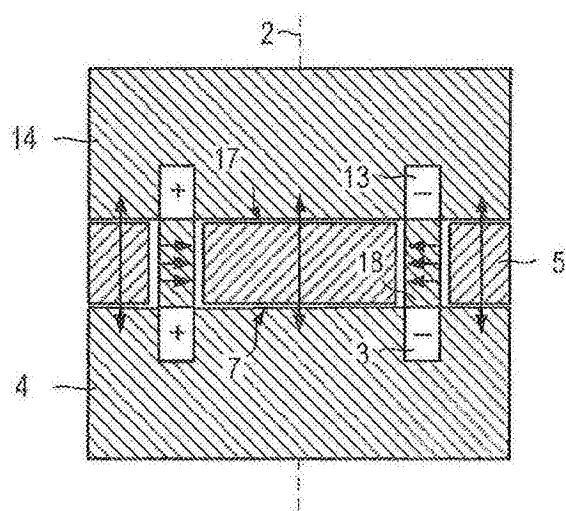


图10

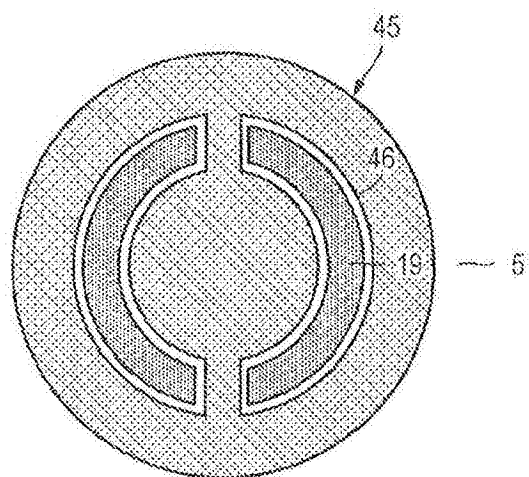


图10a

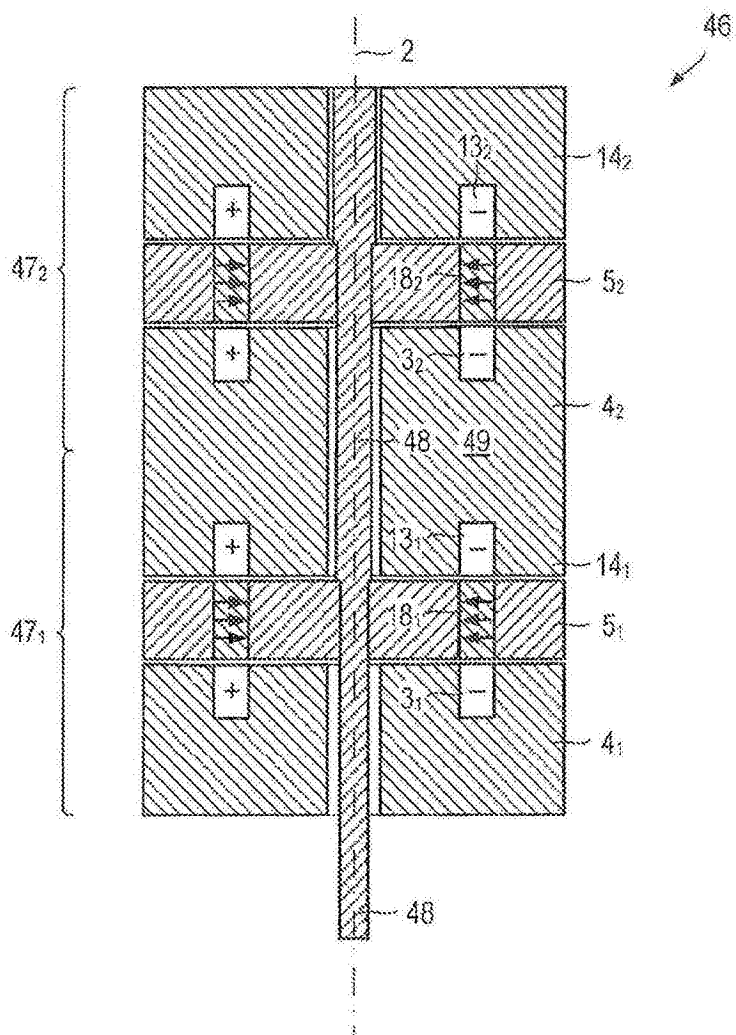


图11

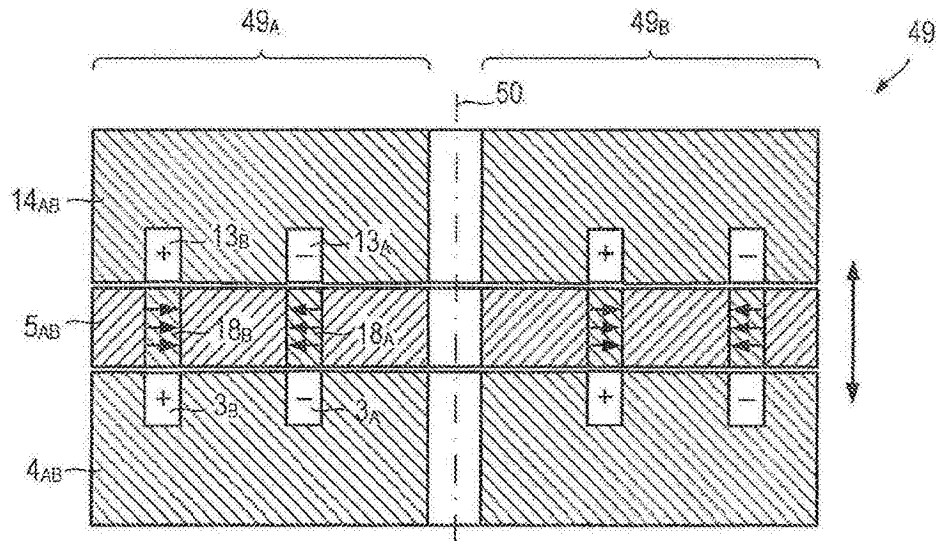


图12

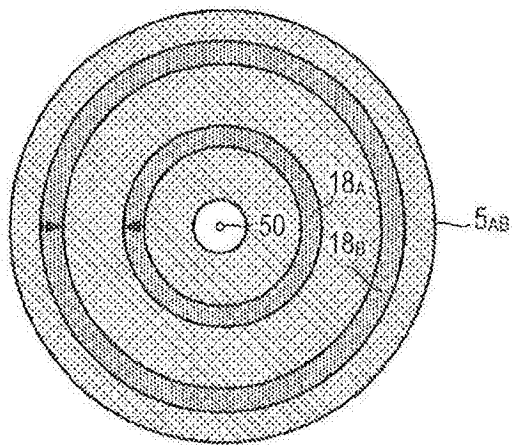


图12a

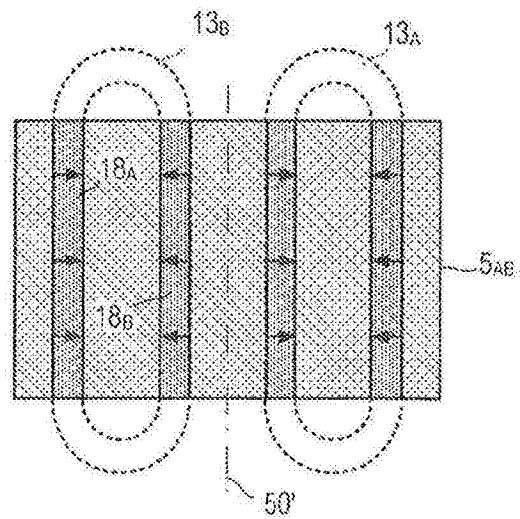


图12b

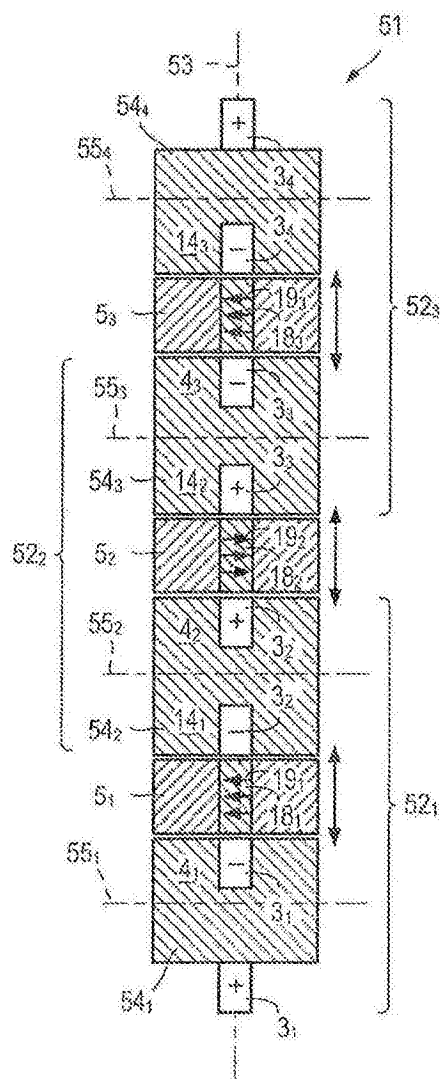


图13

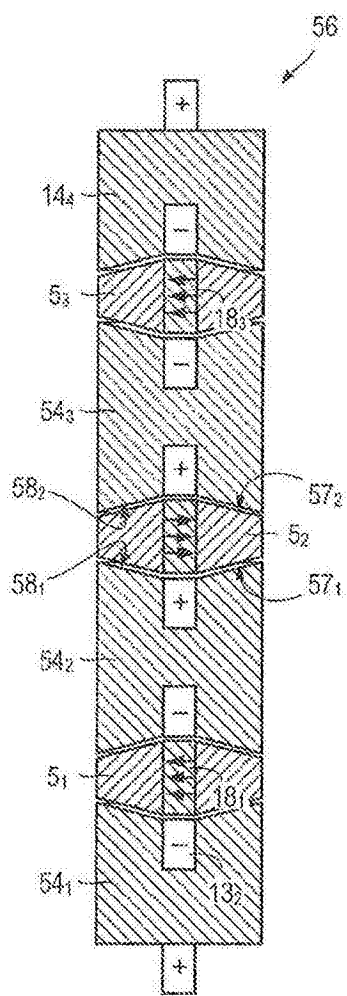


图14

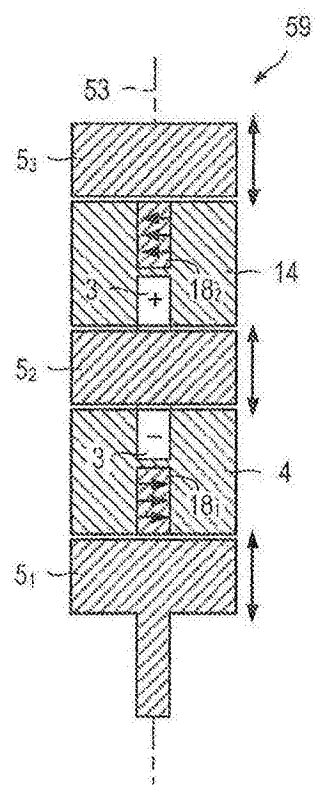


图15

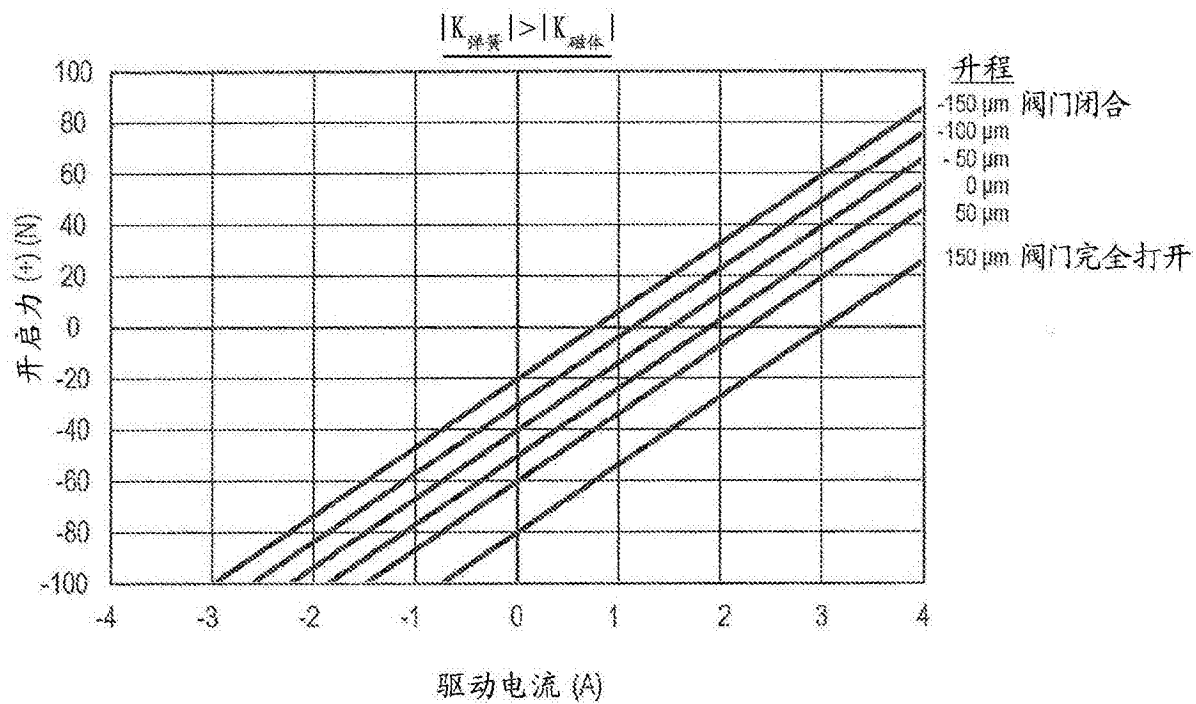


图16

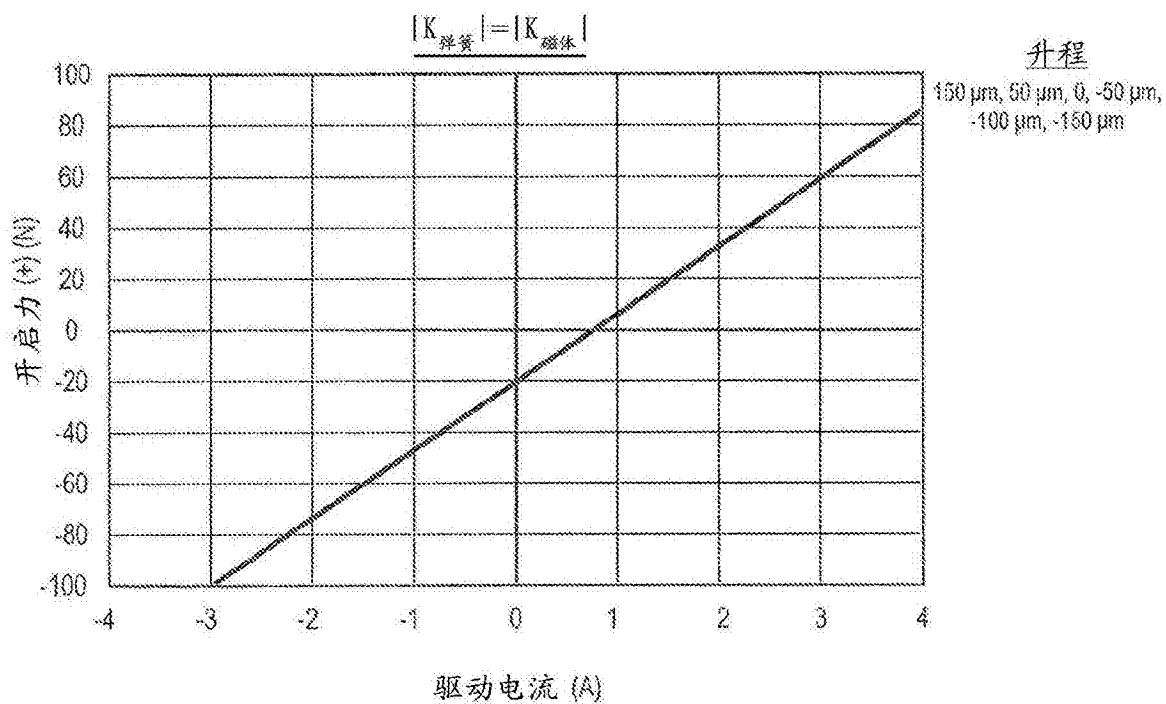


图17

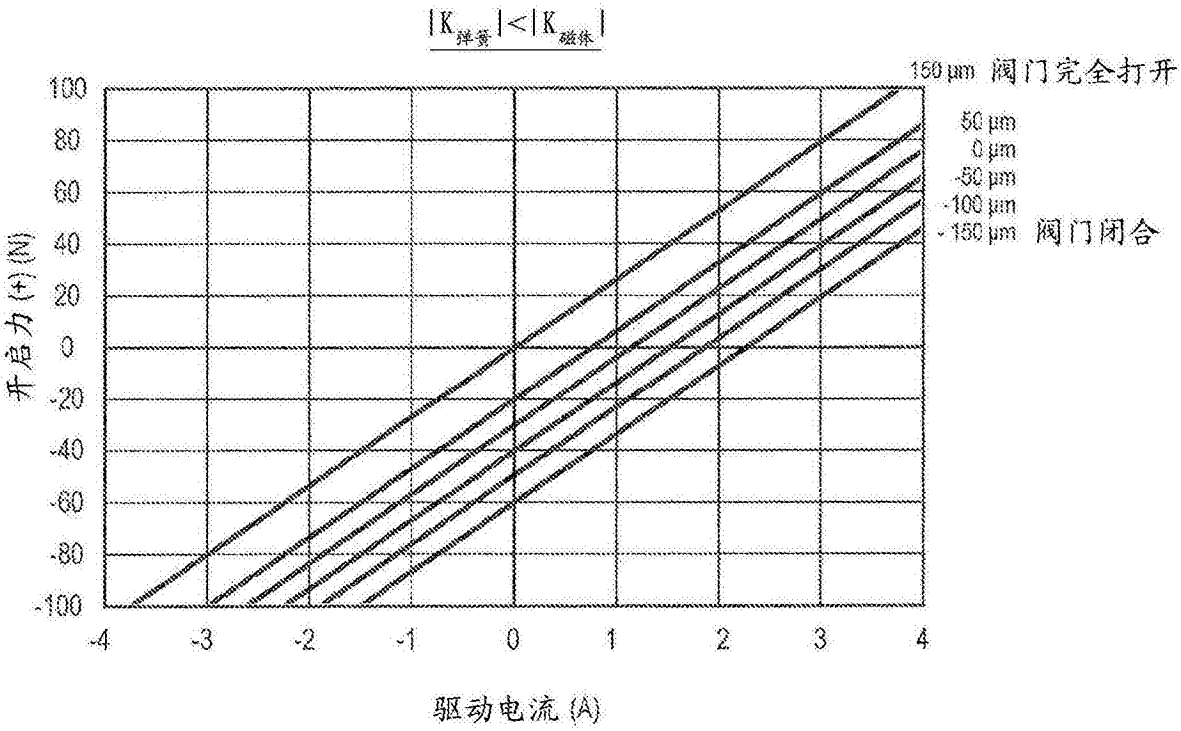


图18

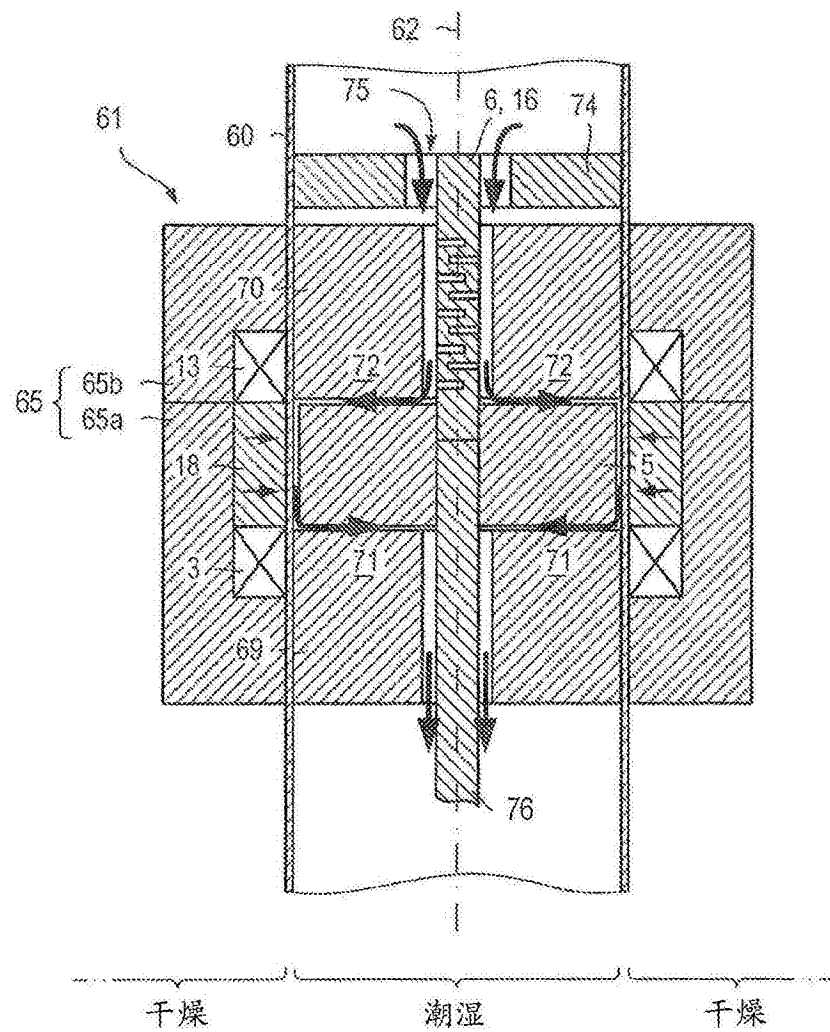


图19

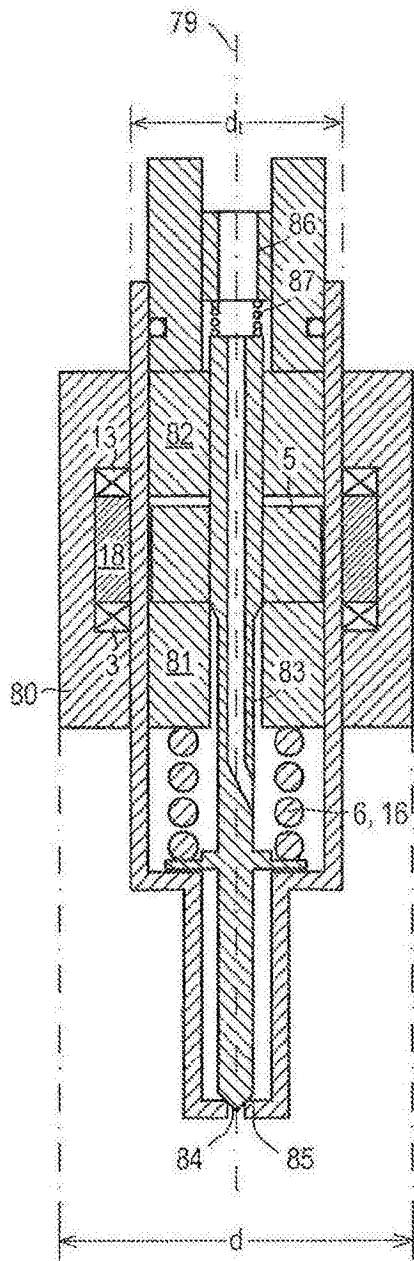


图20

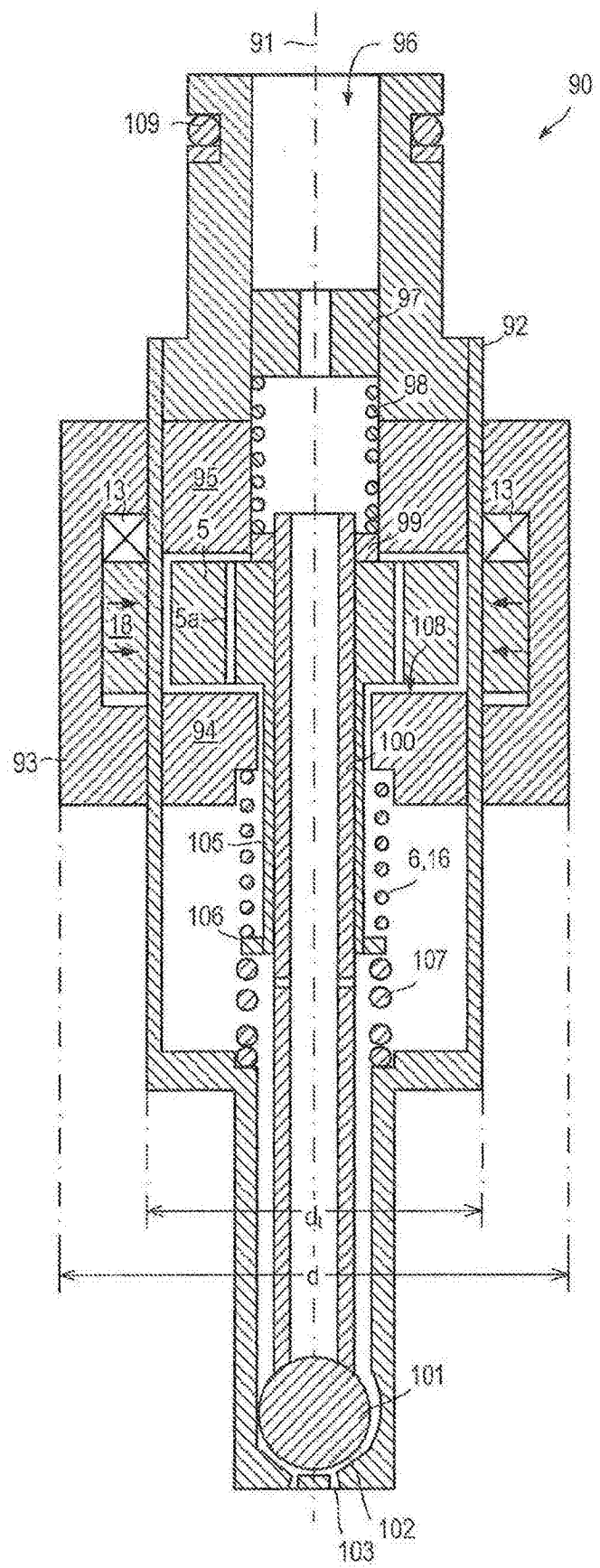


图21

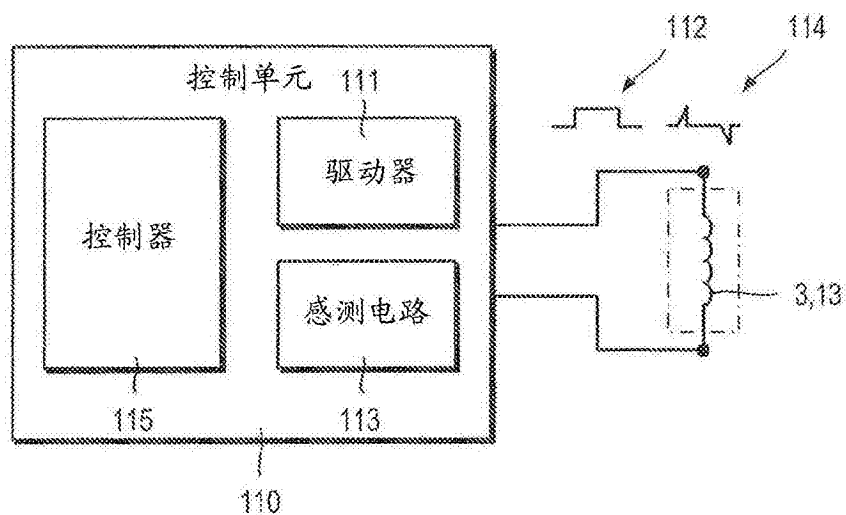


图22

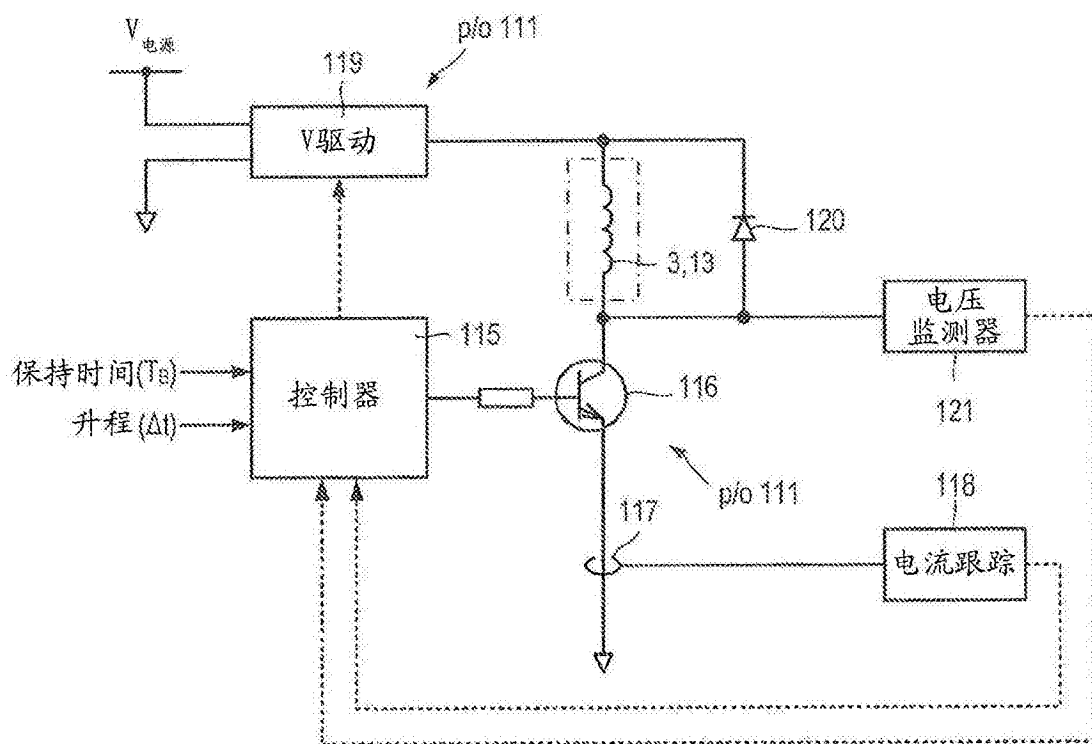


图23

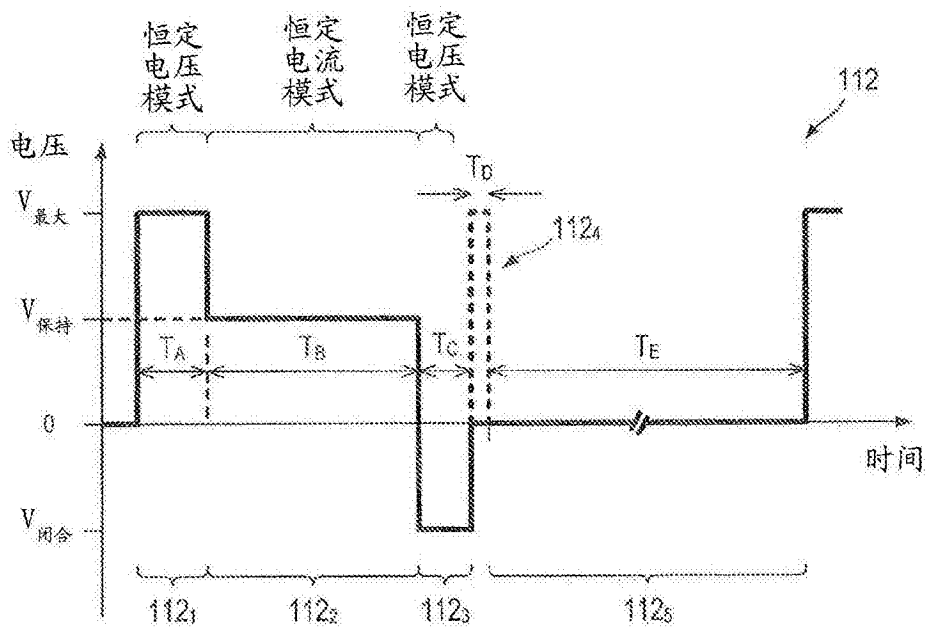


图23a

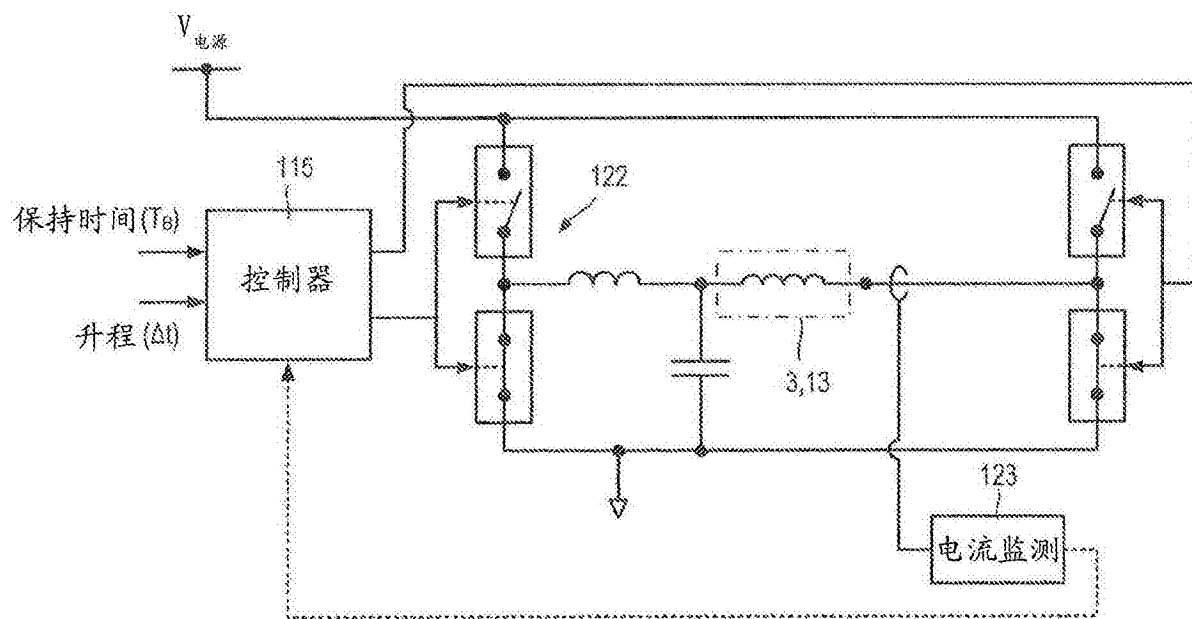


图24

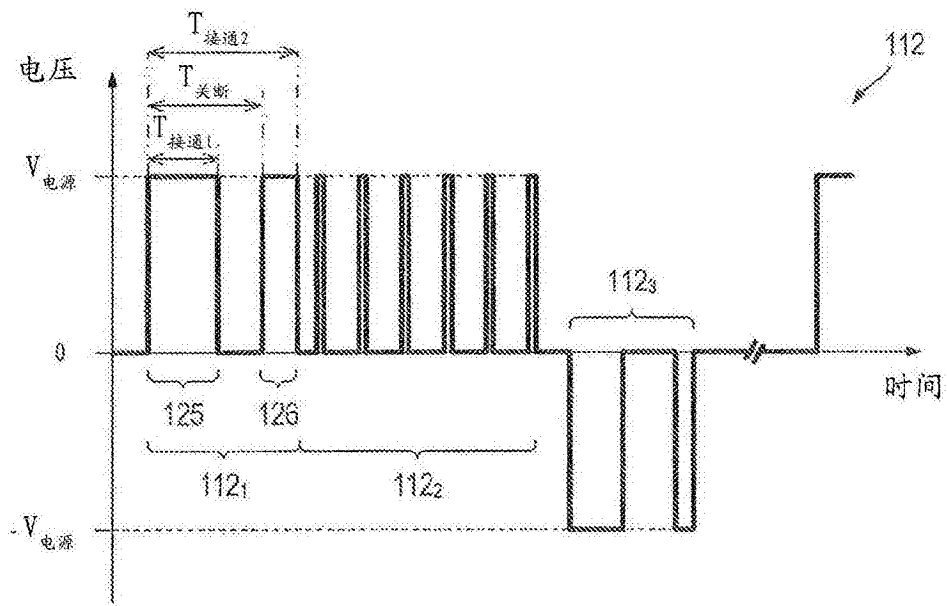


图24a

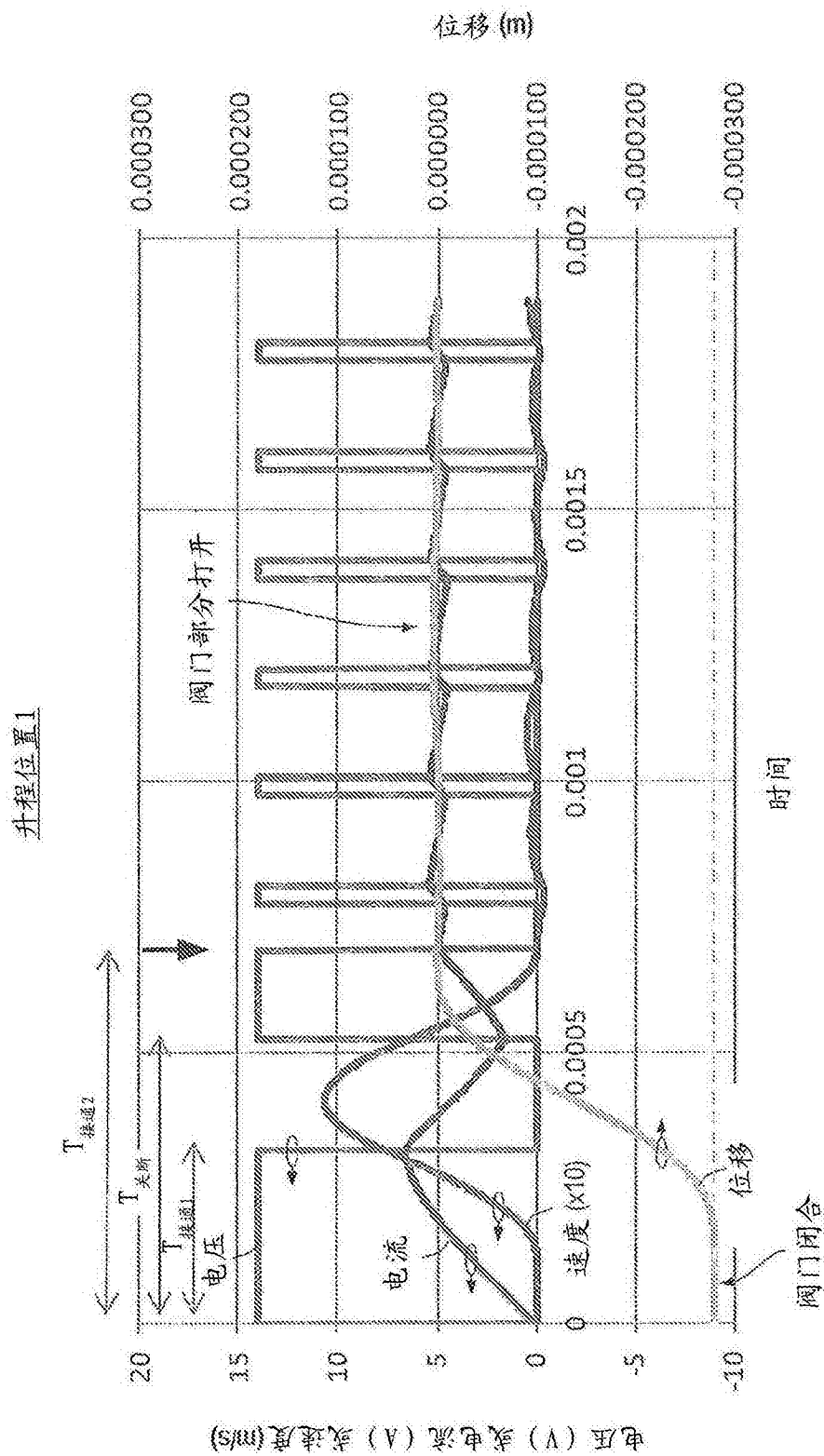


图25a

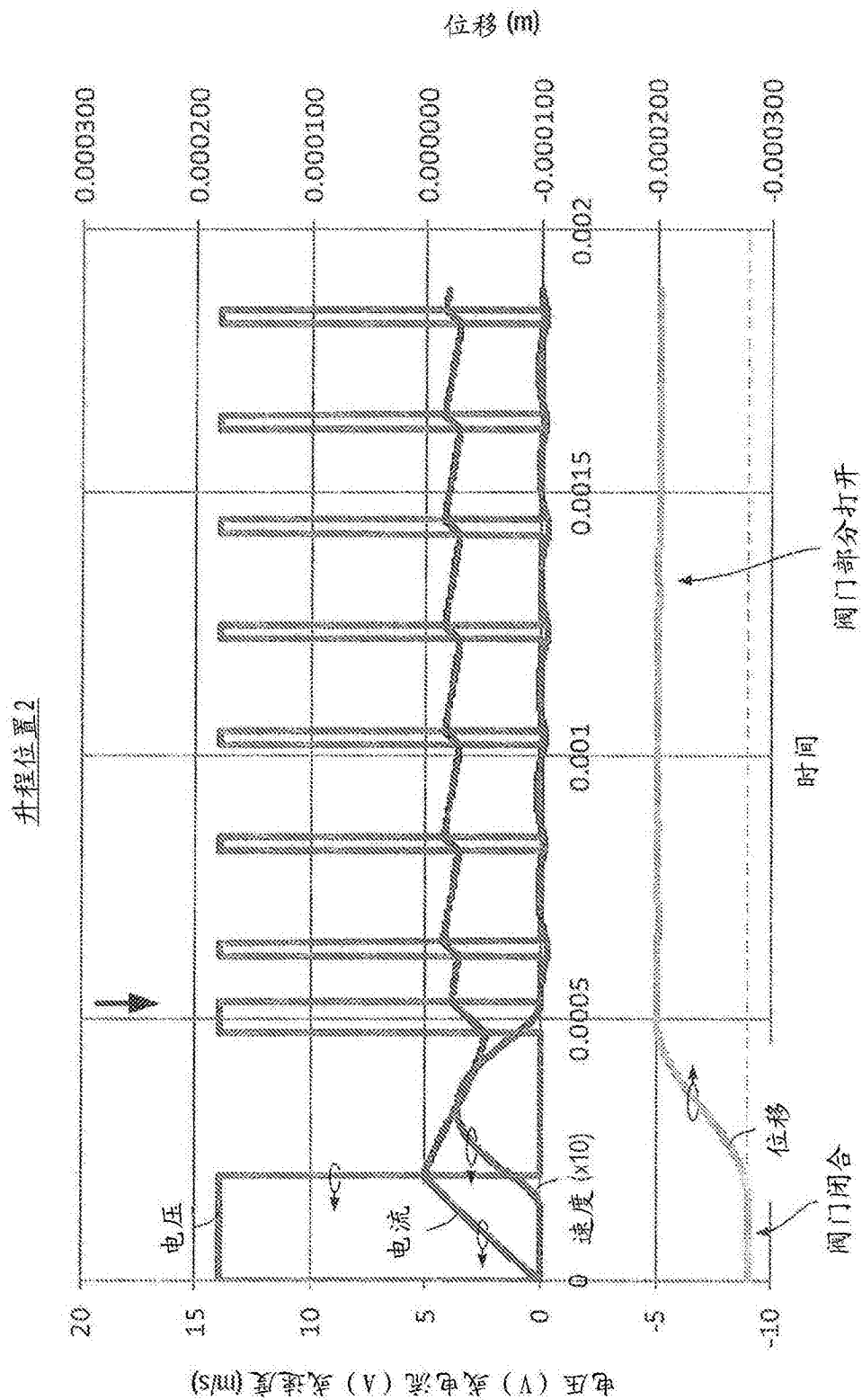


图25b

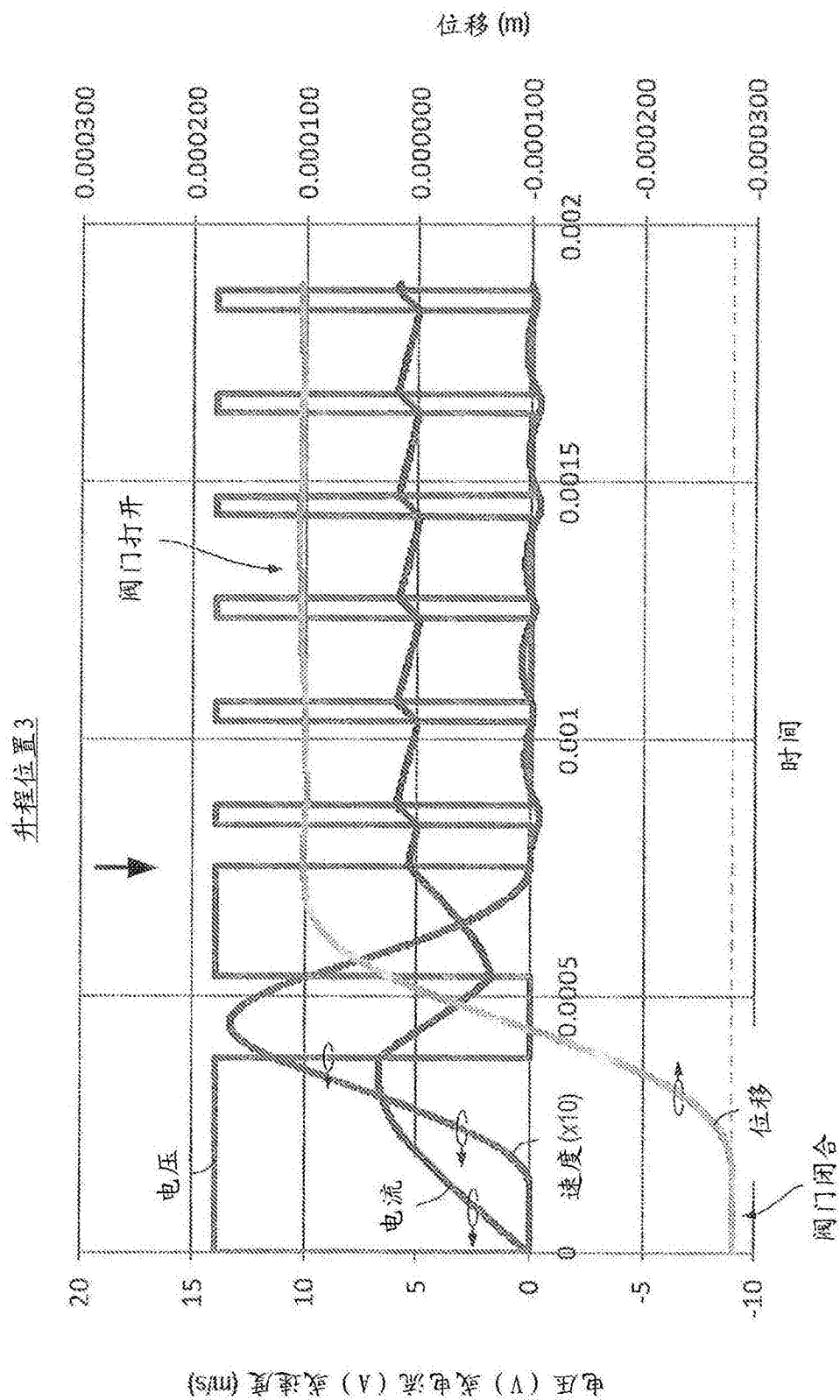


图25c