



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102322303 A

(43) 申请公布日 2012. 01. 18

(21) 申请号 201110149083. 7

(22) 申请日 2011. 05. 20

(30) 优先权数据

12/784638 2010. 05. 21 US

(71) 申请人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 R·A·卡特 R·M·德赛

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司  
72001

代理人 柯广华 朱海煜

(51) Int. Cl.

F01D 21/00(2006. 01)

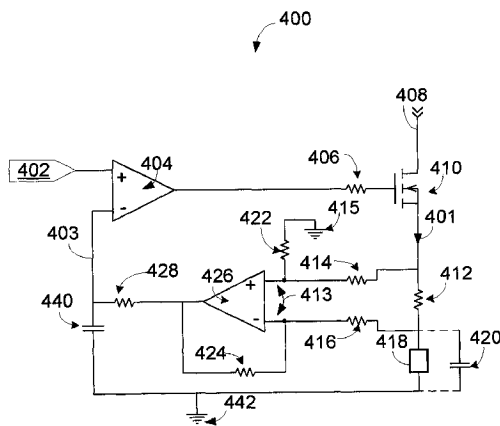
权利要求书 1 页 说明书 18 页 附图 13 页

## (54) 发明名称

使用双向滞后控制来控制执行机构驱动电流的方法和系统

## (57) 摘要

本发明使用双向滞后控制来控制执行机构驱动电流的方法和系统。本发明的某些实施例可包括用于控制执行机构驱动电流(401)的系统、方法和设备。按照本发明的一个示例实施例,提供一种用于控制执行机构驱动电流(401)的方法。该方法可包括接收参考信号(402),至少部分基于驱动电流(401)来确定反馈信号(413),至少部分基于反馈信号(413)来确定经调节的反馈信号(403),将参考信号(402)与经调节的反馈信号(403)进行比较,以及基于参考信号(402)与经调节的反馈信号(403)的比较来控制驱动电流(401)。该方法的某些实施例可包括经由滞后控制来操纵一个或多个装置,以便建立通过执行机构的至少一个正电流通路和至少一个负电流通路。



1. 一种用于控制执行机构驱动电流 (401) 的方法, 包括:  
接收参考信号 (402);  
至少部分基于所述驱动电流 (401) 来确定反馈信号 (413);  
至少部分基于所述反馈信号 (413) 来确定经调节的反馈信号 (403);  
将所述参考信号 (402) 与所述经调节的反馈信号 (403) 进行比较; 以及  
基于所述参考信号 (402) 与所述经调节的反馈信号 (403) 的比较来控制所述驱动电流 (401)。
2. 如权利要求 1 所述的方法, 其中, 确定所述反馈信号 (413) 包括通过测量电压降来感测通过所述执行机构 (418) 的驱动电流 (401)。
3. 如权利要求 1 所述的方法, 其中, 确定经调节的反馈信号 (403) 包括向所述执行机构 (418) 增加并联电容 (420)。
4. 如权利要求 1 所述的方法, 其中, 确定经调节的反馈信号 (403) 包括放大所述反馈信号 (413)。
5. 如权利要求 1 所述的方法, 其中, 确定经调节的反馈信号 (403) 包括使所述反馈信号 (403) 延迟并且对所述反馈信号 (403) 进行滤波, 其中确定经调节的反馈信号 (403) 还至少部分基于经滤波的反馈信号。
6. 如权利要求 1 所述的方法, 其中, 确定经调节的反馈信号 (403) 包括修改所述反馈信号的时间常数。
7. 如权利要求 6 所述的方法, 其中, 修改所述时间常数至少部分基于电阻和电容。
8. 一种用于控制驱动电流 (401) 的系统, 包括:  
执行机构 (418);  
电流控制装置 (410), 与所述执行机构 (418) 进行通信并且配置成向所述执行机构 (418) 提供驱动电流 (401); 以及  
电路 (400), 与所述执行机构 (418) 和所述电流控制装置 (410) 进行通信, 并且配置成:  
接收参考信号 (402);  
至少部分基于所述驱动电流 (401) 来确定反馈信号 (413);  
至少部分基于所述反馈信号 (413) 来确定经调节的反馈信号 (403);  
将所述参考信号 (402) 与所述经调节的反馈信号 (403) 进行比较; 以及  
基于所述参考信号 (402) 与所述经调节的反馈信号 (403) 的比较来操纵所述电流控制装置 (410)。
9. 如权利要求 8 所述的系统, 其中, 所述经调节的反馈信号至少部分基于确定通过所述执行机构 (418) 的驱动电流 (401) 来确定。
10. 如权利要求 9 所述的系统, 其中, 所述驱动电流 (401) 通过测量串联感测电阻器 (412) 两端的电压降来确定。

## 使用双向滞后控制来控制执行机构驱动电流的方法和系统

[0001] 相关申请

[0002] 本申请涉及 2010 年 5 月 21 日与本申请同时提交、序列号为 12/784629、标题为“Systems, Methods, and Apparatus for Providing High Efficiency Servo Actuator and Excitation Drivers”的申请,通过引用将其内容完整地结合于此。

[0003] 本申请还涉及 2010 年 5 月 21 日与本申请同时提交、序列号为 12/784649、标题为“Systems, Methods, and Apparatus for Controlling Bi-directional Servo Actuator Using an H-Bridge with Hysteresis Control”的申请,通过引用将其内容完整地结合于此。

[0004] 本申请还涉及 2010 年 5 月 21 日与本申请同时提交、序列号为 12/784657、标题为“Systems, Methods, and Apparatus for Controlling Bi-directional Servo Actuator with PWM Control”的申请,通过引用将其内容完整地结合于此。

### 技术领域

[0005] 一般来说,本发明涉及伺服控制器,更具体来说,涉及使用双向滞后控制来控制执行机构驱动电流。

### 背景技术

[0006] 气涡轮机和蒸汽涡轮机利用伺服机构来控制与涡轮机的各种组件关联的执行机构。执行机构通常移动燃料阀、速比阀、压缩机叶片和其它机构来控制涡轮机系统中的空气和燃料流量。为了控制伺服执行机构的位置,使准确和受控量的 DC 电流(通常多达  $\pm 200\text{mA}$ ) 经过执行机构线圈,并且该电流可部分基于来自耦合到该机构或执行机构的换能器的反馈。传统的伺服控制器可使用线性缓冲器或线性放大器为执行机构提供驱动电流,这通常需要大的吸热器来耗散从驱动电子器件产生的过多热量。

[0007] 在许多涡轮机中,各种阀和叶片可使用液压执行机构来控制。液压执行机构、阀或叶片的位置可使用诸如旋转变压器、线性可变差动变压器(LVDT)或线性可变差动磁阻(LVDR)装置之类的换能器来监测并且反馈给控制器。这类装置在恶劣的涡轮机环境中极为可靠,但是它们通常需要 AC 激励电流用于适当操作。AC 激励电流通常由具有线性输出放大器的激励驱动电路来提供,这也可能需要大的吸热器来耗散由驱动电子器件产生的过多热量。

[0008] 当涡轮机具有大量的阀而每个阀具有关联的执行机构和 LVDT 时,涡轮机的伺服控制器因用于驱动电路的吸热器的所需数量和尺寸而可能变得过大。此外,当驱动能量通过线性驱动电路转换成热量时,电路的能量效率降低,并且所耗散热量增加了控制面板的总温度。

### 发明内容

[0009] 上述需要的部分或全部可通过本发明的某些实施例来解决。本发明的某些实施例

可包括用于使用双向滞后控制来控制执行机构驱动电流的系统、方法和设备。

[0010] 按照本发明的一个示例实施例,提供一种用于控制执行机构驱动电流的方法。该方法可包括接收参考信号,至少部分基于驱动电流来确定反馈信号,至少部分基于反馈信号来确定经调节的反馈信号,将参考信号与经调节的反馈信号进行比较,以及基于参考信号与经调节的反馈信号的比较来控制驱动电流。

[0011] 按照另一个示例实施例,提供一种用于控制执行机构驱动电流的方法。该方法可包括接收参考信号,至少基于与执行机构关联的电流来确定反馈信号,基于参考信号与经调节的反馈信号的比较来控制驱动电流,以及经由滞后控制来操纵一个或多个装置以建立通过执行机构的至少一个正电流通路和至少一个负电流通路。

[0012] 按照另一个示例实施例,提供一种用于控制驱动电流的系统。该系统可包括:执行机构;以及电流控制装置,电流控制装置与执行机构进行通信,配置成向执行机构提供驱动电流。该系统还可包括与执行机构和电流控制装置进行通信的电路。该电路可配置成接收参考信号,至少部分基于驱动电流来确定反馈信号,至少部分基于反馈信号来确定经调节的反馈信号,将参考信号与经调节的反馈信号进行比较,以及基于参考信号与经调节的反馈信号的比较来操纵电流控制装置。

[0013] 按照另一个示例实施例,提供一种用于控制执行机构驱动电流的设备。该设备可包括电流控制装置,电流控制装置与执行机构进行通信并且配置成向执行机构提供驱动电流。该设备还可包括与执行机构和电流控制装置进行通信的电路。该电路可配置成接收参考信号,至少部分基于驱动电流来确定反馈信号,至少部分基于反馈信号来确定经调节的反馈信号,将参考信号与经调节的反馈信号进行比较,以及基于参考信号与经调节的反馈信号的比较来操纵电流控制装置。

[0014] 本文中详细描述并且作为要求保护的发明的一部分来考虑本发明的其它实施例和方面。参照以下详细描述、附图和权利要求书,能够理解其它实施例和方面。

## 附图说明

[0015] 现在参照附表和附图,附图不一定按比例绘制,其中:

[0016] 图 1 是按照本发明的一个示例实施例的说明性控制器系统的框图。

[0017] 图 2 是按照本发明的一个示例实施例的说明性执行机构驱动和位置传感器激励电路的框图。

[0018] 图 3 是按照本发明的一个示例实施例的说明性定位控制系统的框图。

[0019] 图 4 是按照本发明的一个示例实施例、具有滞后控制的说明性开关伺服执行机构电路的电路图。

[0020] 图 5 是按照本发明的一个示例实施例的说明性双向电流开关电路的电路图。

[0021] 图 6 是按照本发明的一个示例实施例的说明性 H 桥的电路图。

[0022] 图 7 是按照本发明的一个示例实施例的正电流开关状态的图表。

[0023] 图 8 是按照本发明的一个示例实施例的负电流开关状态的图表。

[0024] 图 9 是按照本发明的一个示例实施例的示例方法的流程图。

[0025] 图 10 是按照本发明的一个示例实施例的另一种示例方法的流程图。

[0026] 图 11 是按照本发明的一个示例实施例的另一种示例方法的流程图。

- [0027] 图 12 是按照本发明的一个示例实施例的另一种示例方法的流程图。
- [0028] 图 13 是按照本发明的一个示例实施例的另一种示例方法的流程图。
- [0029] 图 14 是按照本发明的一个示例实施例的另一种示例方法的流程图。

### 具体实施方式

[0030] 下面参照附图更全面地描述本发明的实施例,附图中示出本发明的实施例。但是,本发明可通过许多不同形式来实施,而不应当理解为局限于本文所提出的实施例;相反,提供这些实施例以使得本公开透彻和全面,并且向本领域的技术人员全面地传达本发明的范围。相似的标号通篇表示相似的单元。

[0031] 本发明的某些实施例可通过采用开关放大器替代线性输出装置来实现吸热器的完全或部分消除。按照本发明的示例实施例,可提供开关装置以用于驱动与涡轮机关联的执行机构。在某些示例实施例中,可提供开关装置以用于驱动与执行机构关联的位置传感器的激励信号。按照示例实施例,提高的效率和降低的热耗散可在开关执行机构或激励驱动中实现,因为驱动器电路能够处于“通”或“断”状态而不是处于半导通的状态。与线性放大器驱动器中的那些相比,热耗散的降低可消除吸热器或者实现吸热器的尺寸的减小。

[0032] 按照本发明的某些示例实施例,提供一种开关输出放大器以用作伺服执行机构。在本发明的某个实施例中,开关放大器可提供达到并且高于 200mA 的平均电流以用于控制伺服执行机构。在本发明的某些实施例中,可使执行机构电流反向,以便反转执行机构的方向。

[0033] 按照本发明的某些示例实施例,提供一种开关输出放大器以用作位置传感器激励驱动器。在某些实施例中,多个位置传感器可由公共激励驱动器来驱动。在某些实施例中,超过 12 个传感器能够使用单个开关激励驱动器来供给。

[0034] 按照某些示例实施例,位置传感器可包括旋转变压器、线性可变差动变压器(LVDT)、线性可变差动磁阻(LVDR)装置。在其它示例实施例中,位置传感器可包括旋转可变差动变压器(RVDT)或者旋转可变差动磁阻(RVDR)装置。主要由于经由可(直接或间接)耦合到执行机构的可移动芯子从激励线圈到一个或多个感测线圈的电磁耦合,已经证明,这类装置甚至在与气涡轮机和蒸汽涡轮机关联的恶劣环境条件下也是可靠的。应当理解,术语“LVDT”可定义成表示线性或旋转的任何相似的位置检测器。

[0035] 按照本发明的示例实施例,开关放大器可用于驱动伺服执行机构和位置传感器激励线圈。因此,开关放大器的使用可消除关联的吸热器,降低成本,减小电路中和面板中耗散的热量,并且减小面板中和印刷电路板上占用的空间。

[0036] 按照本发明的某些实施例,一个或多个执行机构可通过生成参考信号来控制。基于这个参考信号,可生成用于操纵执行机构的开关信号。在某些示例实施例中,生成参考信号可包括生成脉宽调制(PWM)信号。在某些实施例中,耦合到执行机构的开关信号的至少一部分可被感测并且用作反馈以便进一步控制参考信号或开关信号。

[0037] 在某些实施例中,执行机构的位置、阀或叶片位置可通过下列步骤来确定:生成开关激励信号,并且将激励信号施加于附连或耦合到执行机构的 LVDT 或类似装置的激励绕组。激励绕组可将开关激励信号耦合到 LVDT 装置上的次级(或感测)绕组,其中耦合强度与执行机构的位置、阀或叶片位置成比例。所耦合的开关激励信号可用作第二反馈,用于经

由伺服机构对执行机构的位置控制。按照本发明的示例实施例,参考信号可至少部分基于与开关激励信号关联的第二反馈来控制。

[0038] 按照本发明的示例实施例,采用开关驱动信号来操纵执行机构还可基于极性信号。在示例实施例中,生成开关激励信号可包括生成脉宽调制信号。在示例实施例中,控制参考信号还可基于与开关驱动信号关联的第二反馈。

[0039] 现在参照附图来描述按照本发明的示例实施例、用于有效率地控制和监测执行机构、叶片或阀位置的各种系统组件。

[0040] 图 1 示出按照本发明的示例实施例的控制器系统 100。控制器系统 100 可包括控制器 102、至少一个存储器 104 和一个或多个处理器 106。按照示例实施例,控制器 102 还可包括一个或多个输入/输出接口 108 和一个或多个网络接口 110。与控制器 102 关联的存储器 104 可包括操作系统 112 和数据 114。存储器还可包括被配置、被编程或者可操作以执行与控制器 102 关联的过程的一个或多个模块。在某些示例实施例中,存储器可包括执行机构命令和感测模块 118。在某些示例实施例中,存储器可包括激励驱动和执行机构阀或叶片位置感测模块 120。

[0041] 按照本发明的示例实施例,图 1 还示出执行机构驱动和感测电路 121 以及激励驱动和执行机构阀或叶片位置感测电路 123。按照本发明的一个示例实施例,执行机构驱动和感测电路 121 可包括开关放大器 124、滤波组件 126、执行机构 128、感测和反馈调节电路 130。按照一个示例实施例,还可包括模数转换器 132。模数转换器可采取压控振荡器 (VCO)、逐次近似寄存器转换器 (SAR)、 $\Delta - \Sigma$  转换器或闪速 (flash) 转换器的形式。在其它示例实施例中,可将反馈转换成数字信号。

[0042] 按照本发明的一个示例实施例,并且如图 1 所示,位置感测电路 123 可包括开关放大器 124、可包括 LVDT 的位置传感器 136、感测和反馈调节电路 140。按照一个示例实施例,模数转换器 142 也可包含在位置感测电路 123 中。模数转换器 142 可采取压控振荡器 (VCO)、逐次近似寄存器转换器 (SAR)、 $\Delta - \Sigma$  转换器或闪速转换器等等的形式。

[0043] 按照本发明的示例实施例,执行机构 128 可控制液压流体或油的流动以用于填充或清空缸。缸可包括连接到阀的活塞,并且阀可通过缸中的液压流体的量来控制。位置传感器 136 可包括可机械链接到阀的衔铁。衔铁可把来自激励线圈的激励信号作为阀的位置的函数耦合到感测线圈,以便指示阀位置。

[0044] 图 2 是按照本发明的一个示例实施例的说明性执行机构驱动和位置传感器激励电路 200 的框图。在一个示例实施例中,电路 200 可包括控制器/处理器 202。控制器/处理器 202 可向开关功率放大器 208 提供执行机构参考 204。按照一个示例实施例,执行机构参考 204 可以是 DC 命令,或者它可以是用于控制开关功率放大器 208 的脉宽调制信号。

[0045] 在某些示例实施例中,执行机构 216 可属于要求双向或单向电流的类型,因此,按照本发明的一个示例实施例,控制器/处理器 202 还可向开关功率放大器 208 提供极性信号 206,以便控制执行机构 216 的方向。

[0046] 按照本发明的一个示例实施例,开关功率放大器 208 可提供可采取脉宽调制 (PWM) 信号的形式开关驱动信号 207。PWM 驱动信号的一个优点在于,开关功率放大器可生成较少热量,因为输出开关装置(例如,晶体管或场效应装置)处于通或断状态。装置的操作(或通或断)趋向于使装置中的电阻类型热生成减至最小,特别是与其中输出装置可

工作在半导通状态的线性功率放大器比较时。

[0047] 按照本发明的示例实施例,开关功率放大器可产生开关驱动信号 207,其中,信号的“接通持续时间”与执行机构参考信号 204 所提供的命令电流成比例。在本发明的某些示例实施例中,开关功率放大器 208 驱动信号 207 的频率可以在大约 100kHz 的数量级。在本发明的其它示例实施例中,开关功率放大器 208 可按照开关拓扑所要求的更高或更低频率进行开关。按照示例实施例,开关驱动信号 207 可由低通滤波器 209 来滤波,以便产生执行机构电流 215。在某些示例实施例中,低通滤波器 209 可包括一个或多个滤波电感器 210、212 和一个或多个滤波电容器 214。可包含其它滤波组件,以便将执行机构电流的谐波失真保持在指定容限之内。例如,滤波器 209 可要求小于 1% 的总谐波失真,并且因此可要求附加滤波电容器 214 或电感器 212。

[0048] 按照一个示例实施例,可将执行机构电流 215 提供给执行机构 216,并且可感测驱动电流 215,用于经由电流感测电阻器 218 或者类似的电流感测装置反馈给控制器 / 处理器。其它示例电流感测装置包括霍尔效应电流传感器或者类似的技术。在本发明的一个示例实施例中,执行机构电流 215 的全部或部分可经过感测电阻器 218,并且可在电阻器 218 两端生成电压降,该电压降可由反馈电路 220 进一步处理。反馈电路 220 可包括进一步滤波,以便去除电路的其余部分进行解释时可能成问题的尖峰或其它高频信息。反馈电路 220 可向模数转换器 222 提供电流反馈信号 221 (为了本发明的目的而称为第二反馈),模数转换器 222 可向控制器 / 处理器 202 提供数字信号 223。

[0049] 图 2 中还示出与图 1 所示的激励驱动和位置感测电路 123 对应的组件框图。按照本发明的示例实施例,控制器 / 处理器 202 可提供用于控制开关功率放大器 230 的激励参考信号 232。在一个示例实施例中,激励参考信号 232 可以是正弦加权 PWM 信号。在其它示例实施例中,激励参考信号 232 可以是模拟正弦波,取决于开关功率放大器 230 的配置。按照本发明的一个示例实施例,开关功率放大器 230 可产生开关激励信号 228,该信号可用于驱动一个或多个位置传感器 226 上的一个或多个激励线圈。开关激励信号 228 可耦合到位置传感器 226 中的一个或多个感测线圈,并且所耦合信号的强度可取决于位置传感器 226 内的可移动芯子 224 的位置,可移动芯子 224 又可耦合到执行机构 216。

[0050] 按照本发明的示例实施例,通过位置传感器 226 耦合的激励信号 228 可由反馈电路 234 进一步处理,以便产生激励信号反馈 236。按照本发明的一个示例实施例,激励信号反馈 236 可由模数转换器 240 转换成用于控制器 / 处理器 202 的数字信号 241。

[0051] 在某些示例实施例中,包括开关功率放大器 230 的位置传感器激励电路可提供大约 7 伏特均方根 (RMS) 和大约 3.2 千赫的频率的交流激励信号 228。其它幅度和频率可按照本发明的示例实施例来生成。在本发明的某些实施例中,多个位置传感器 226 可例如经由激励总线来利用相同激励信号 228,使得单个开关功率放大器 230 电路可为多个 LVDT 激励线圈提供激励信号 228,由此提高电路 200 的空间和功率效率。在示例实施例中,由开关功率放大器 230 所驱动的位置传感器 226 的最大数量可基于从特定开关功率放大器 230 可得到的最大额定功率输出来确定,而不必在电路上安装吸热器以供散热。

[0052] 图 3 示出按照本发明的另一个示例实施例的定位伺服控制系统 300。定位伺服控制系统 300 可包括伺服位置控制器 302。按照本发明的示例实施例,伺服位置控制器 302 可包括下列项中的一个或多个:数字伺服位置调整器 304、一个或多个模数转换器 306、位置

传感器信号调节模块 308、电流调整器 310、电流驱动器 312、激励控制器 314 和 / 或激励驱动器 316。伺服位置控制器 302 可提供用于控制耦合到阀部件 324 的执行机构 318 的执行机构开关驱动信号。执行机构 318 还可与一个或多个位置传感器 320、322 耦合。按照本发明的一个示例实施例, 伺服位置控制器 302 还可为位置传感器 320、322 提供开关激励驱动信号。按照本发明的一个示例实施例, 位置传感器 320、322 可响应执行机构 318 的位置而向伺服位置控制器 302 提供位置反馈。

[0053] 图 4 示出按照本发明的一个示例实施例、具有滞后控制的说明性开关伺服执行机构电路 400 的示例电路图。与脉宽调制开关电路(其中开关频率是恒定的, 但是“接通”持续时间被调整以提供预期平均电流)不同, 电路 400 可经由输出驱动器 410 来提供“接通”和“断开”开关, 但是可与命令参考电压 402 成比例地调整平均输出驱动电流 401, 而不一定保持恒定开关频率。按照本发明的示例实施例, 电路 400 可响应模拟命令参考电压 402 而进行操作, 并且输出电流 401 的调整可由模拟反馈回路来提供, 但是可开 / 关(“接通”和“断开”)输出驱动器 410 组件, 以便使热耗散为最小并且提高效率。

[0054] 按照一个示例实施例, 可在第一运算放大器 404 的非反相引线上接收参考电压 402, 第一运算放大器 404 可经由栅极电阻器 406 向输出驱动器 410 的栅极提供开关驱动信号。按照示例实施例, 输出驱动器 410 可以是金属氧化物场效应晶体管(MOSFET) 或者另一种类似的开关装置。当开关装置 410 被激活(或导通)时, 输出驱动电流 401 可从电源 408 流经输出驱动器 410, 流经感测电阻器 412, 以及流经执行机构 418 或负载。按照一个示例实施例, 围绕第二运算放大器 426 构建的反馈电路可监测感测电阻器 412 两端的电压。

[0055] 按照本发明的示例实施例, 并且继续参照图 4, 反馈回路还可包括滤波电容器 420。用于在第二运算放大器 426 上乘以感测电阻器 412 两端的电压的增益可通过增益电阻器 414、416、422 和 / 或 424 来设置。按照示例实施例, 开关伺服执行机构电路 400 还可包括反馈延迟电阻器 428 和反馈延迟电容器 440, 它们可提供经调节的反馈信号 403, 以便输入到第一运算放大器 404 的反相端子。按照本发明的示例实施例, 第一运算放大器 404 可将经调节的反馈信号 403 电压与参考电压 402 进行比较, 并且基于差异, 按照将使差异减小为零的方式来调整第一运算放大器 404 的占空比。反馈延迟电阻器 428 和反馈延迟电容器 440 可使反馈 413 延迟, 由此引入滞后。所产生的输出驱动电流 401 可以是直流(DC), 其中小三角波形叠加在其上。三角波形可以是输出驱动器 410 的开关性质的结果。按照本发明的一个示例实施例, 所叠加的三角波的幅度可通过增加滤波电容器 420 的值来减小。在某些实施例中, 滤波电容器 420 可以是大约 1 微法拉或更大, 以便为可以是执行机构的负载 418 提供平滑输出驱动电流 401。

[0056] 按照本发明的示例实施例, 感测电阻器 412 两端的电压降可基于通过测量感测电阻器 412 两端的电压降来感测通过执行机构 418 的驱动电流 401。按照一个示例实施例, 反馈信号 413 可经过放大和滤波, 以便产生经调节的反馈信号 403。在某些实施例中, 可通过引入与执行机构 418 并联的附加并联电容 420 来对驱动电流以及还有反馈信号 413 进行滤波。按照本发明的一个示例实施例, 经调节的反馈信号 403 可包括使反馈信号 403 延迟, 并且对反馈信号 403 进行滤波。在某些实施例中, 经调节的反馈信号 403 可包括修改反馈信号 413 的时间常数。在某些实施例中, 修改时间常数可至少部分基于调整与反馈回路关联的电阻和 / 或电容。在某些实施例中, 经调节的反馈信号 413 至少部分基于确定通过执行



机构 418 的驱动电流 401 来确定。

[0057] 在某些实施例中,开关伺服执行机构电路 400 可采用双(正和负)电源来修改,以便提供输出驱动电流 401 的双向控制。

[0058] 图 5 示出按照本发明的一个示例实施例的双向电流开关电路 500。示例电路 500 可响应第一开关控制信号 502 和 / 或第二开关控制信号 520 而为负载 512 提供双向电流。在示例实施例中,第一开关控制信号 502 和 / 或第二开关控制信号 520 可包括脉宽调制信号。在示例实施例中,负载 512 可以是执行机构,例如图 3 中的 318。在本发明的示例实施例中,第一开关控制信号 502 和第二开关控制信号 520 会经过协调,使得第一开关装置 508 和第二开关装置 526 不会同时都闭合。

[0059] 在一个示例实施例中,当第一开关控制信号 502 电压大于第一电流反馈信号 504 电压时,正电流 538 可经由正电流通路 534 提供给负载 512。在某些实施例中,第一运算放大器 506(或者例如比较器)可用于提供用来控制第一开关装置 508 的开关逻辑或电流,这取决于对第一运算放大器 506 的输入电压 502、504。按照一个示例实施例,当第一开关装置 508 处于闭合状态时,来自正电压电源 509 的电流 538 可流经正电流通路 534,并且经由感测电阻器 510 流经负载 512。在一个示例实施例中,流经感测电阻器 510 的电流可引起感测电阻器 510 两端的电压降,并且电压降可被测量并且用于反馈。例如,在本发明的一个实施例中,第一电流反馈信号 504 可基于对第一差动运算放大器 514 的差动输入端子所呈现的电压降。在本发明的一个示例实施例中,第一差动运算放大器 514 的输出可例如由第一滤波电阻器 516 和第一滤波电容器 518 来滤波,从而产生第一电流反馈信号 504,用于输入到第一运算放大器 506。

[0060] 在一种相似布置中,并且按照本发明的一个示例实施例,当第二开关控制信号 520 电压大于第二电流反馈信号 522 电压时,负电流 540 可经由负电流通路 536 提供给负载 512。在某些实施例中,第二运算放大器 524(或者例如比较器)可用于提供用来控制第二开关装置 526 的开关逻辑或电流,这取决于对第二运算放大器 524 的输入电压 520、522。按照一个示例实施例,当第二开关装置 526 处于闭合状态时,来自负电压电源 527 的电流 540 可流经负电流通路 536,并且经由负载 512 流经感测电阻器 510。在一个示例实施例中,流经感测电阻器 510 的电流可引起感测电阻器 510 两端的电压降,并且电压降可被测量并且用于反馈。例如,在本发明的一个实施例中,第二电流反馈信号 522 可基于对第二差动运算放大器 528 的差动输入端子呈现的电压降。在本发明的一个示例实施例中,第二差动运算放大器 528 的输出可例如由第二滤波电阻器 530 和第二滤波电容器 532 来滤波,从而产生第二电流反馈信号 522,用于输入到第二运算放大器 524。

[0061] 在某些实施例中,负载 512 可包括附加滤波组件,包括诸如电容器、电感器、电阻器之类的无源组件。在某些实施例中,负载 512 可包括有源滤波组件。按照本发明的示例实施例,双向电流开关电路 500 可用于控制执行机构中的动作的极性(或方向)。在本发明的一个示例实施例中,第一开关控制信号 502 和 / 或第二开关控制信号可包括可用于控制执行机构的速度或力量的脉宽调制(PWM)信号。按照示例实施例,正电流通路 534 和负电流通路 536 可互斥地设置,以便避免使正电压电源 509 与负电压电源 527 短接。

[0062] 在本发明的某些实施例中,并且参照图 5 的双电源配置,操纵一个或多个开关装置 508、526 以建立至少一个正电流通路 534 和 / 或至少一个负电流通路 536 包括:协调至

少两个开关 508、526,其中开关 508、526 中的至少一个处于开路状态,以便避免使电源 509、527 短路。按照本发明的示例实施例,两个或更多开关装置 508、526 可用于控制通过执行机构负载 512 的电流,并且在执行机构的操作期间,开关 508、526 中的至少一个可处于开路状态,以便避免使电源 509、527 短路。本发明的某些实施例可包括控制器,控制器可配置成通过协调至少第一开关装置 508 和第二开关装置 526 以可开关方式控制电流 538、540。按照示例实施例,开关装置 508、526 中的至少一个处于开路状态,并且装置 508、526 中的至少一个可操作以至少部分基于脉宽调制来控制驱动电流 538、540。在某些实施例中,控制器可配置成通过协调至少第一开关装置 508 和第二开关装置 526 以可开关方式控制电流 538、540。在一个示例实施例中,开关装置 508、526 中的至少一个处于开路状态,并且其中装置 508、526 中的至少一个可操作以至少部分基于脉宽调制来控制驱动电流 538、540。

[0063] 按照本发明的某些实施例,并且参照图 5 或图 6,电流 538、540、617、619 可由与至少一个正电流通路 543、620 或者至少一个负电流通路 536、622 关联的至少一个开关 508、526、610、612、614、616 来控制。在某些实施例中,电流 538、540、617、619 可使用脉宽调制来控制。在一个示例实施例中,可操纵一个或多个装置 508、526、610、612、614、616 来建立至少一个正电流通路 534、620 和至少一个负电流通路 536、622,使得电流通路互斥。在某些实施例中,互斥电流通路 534、536、620、622 可通过执行机构 512、618 来完成。按照示例实施例,如金属氧化物半导体场效应晶体管 (MOSFET) 之类的两个或更多开关装置 508、526、610、612、614、616 可用于控制双向电流。按照本发明的其它示例实施例,其它各种半导体和/或固态开关装置可用作开关装置 508、526、610、612、614、616。在某些实施例中,续流二极管、电容器、电感器和其它组件可被包含并且与开关装置关联。

[0064] 按照本发明的示例实施例,并且参照图 6,正和/或负电流 617、619 可通过下列步骤来控制:协调采取 H 桥配置的至少四个开关 610、612、614、616,使得四个开关中的至少两个处于开路状态,而另外两个开关中的至少一个至少部分基于脉宽调制来控制电流。按照本发明的某些实施例,正电流通路 620 可包括第一开关装置 610 和第四开关装置 616,而负电流通路 622 可包括第二开关装置 614 和第三开关装置 612。在某些实施例中,控制器 102 可配置成通过控制第一开关装置 610 或者第四开关装置 616 来控制正驱动电流 619。在某些实施例中,控制器还可配置成通过控制第二开关装置 614 或者第三开关装置 612 来控制负驱动电流 617。在某些实施例中,第一开关装置 610 和第三开关装置 612 的导通状态互斥,第二开关装置 614 和第四开关装置 616 的导通状态互斥。

[0065] 本发明的某些实施例可包括控制器,控制器可配置成通过协调至少第一开关装置 610、第二开关装置 614、第三开关装置 612 和第四开关装置 616 以可开关方式控制电流 617、619。在本发明的示例实施例中,四个开关装置 610、612、614、616 中的至少两个可处于开路状态,而其余两个开关装置中的至少一个可操作以至少部分基于脉宽调制来控制驱动电流 617、619。在某些实施例中,电流可流经可包括第一开关装置 610 和第四开关装置 616 的正电流通路 620。在某些实施例中,电流可流经可包括第二开关装置 614 和第三开关装置 612 的负电流通路 622。

[0066] 本发明的实施例提供可包括第一开关装置 610 和第四开关装置 616 的正电流通路 620。本发明的实施例可包括其中可包含第二开关装置 614 和第三开关装置 612 的负电流通路 622。按照一个示例实施例,控制器可配置成通过控制第一开关装置 610 或者第四开关

装置 616 来控制正驱动电流 619。按照一个示例实施例,控制器可配置成通过控制第二开关装置 614 或者第三开关装置 612 来控制负驱动电流 617。按照本发明的示例实施例,第一开关装置 610 和第三开关装置 612 的导通状态互斥,而第二开关装置 614 和第四开关装置 616 的导通状态互斥。

[0067] 图 6 示出按照本发明的一个示例实施例的说明性 H 桥的电路图。按照本发明的示例实施例,电压源 602 可用于经由第一开关装置 610、第二开关装置 612、第三开关装置 614 和 / 或第四开关装置 616 的组合来提供通过负载 618 (它可以是执行机构、例如,如图 3 的 318 中) 的电流。根据本发明的示例实施例,第一开关装置 610 的状态可通过第一开关驱动信号 604 来控制,而第三开关装置 614 的状态可通过第二开关驱动信号 606 来控制。按照本发明的一个示例实施例,第三开关装置 612 和第四开关装置 616 的状态可通过方向 / 极性信号 608 和反相器 609 来控制。应当显而易见,极性控制信号 608 和反相器 609 可施加到第一和第二开关装置 (610、614),而驱动信号 (604、606) 可施加到第三和第四开关装置 (612、616)。因此,按照本发明的另一个示例实施例,第一开关装置 610 和第二开关装置 612 的状态可通过方向 / 极性信号 (例如 608) 和反相器 (例如 609) 来控制。因此,在相关示例实施例中,第三开关装置 612 可通过驱动信号 (例如 604) 来控制。同样,开关装置 616 可改为通过驱动信号 (例如 606) 来控制。在本发明的其它示例实施例中,分开的各个开关驱动信号可用于控制开关装置 (610、612、614、616) 中的每一个。

[0068] 在本发明的某些示例实施例中,开关装置对 (610 和 616) 或 (614 和 612) 的导通状态可用于控制通过负载 618 的电流的方向。在某些实施例中,可采取措施来确保第三开关装置 612 从不与第一开关装置 610 同时导通,并且类似地,第二开关装置 614 和第四开关装置 616 不应当同时处于导通状态。

[0069] 图 6 示出在某些实施例中可利用如以上参照图 5 所述的 PWM 开关概念来实现执行机构的双向控制的 H 桥电路拓扑。下面参照图 7 和图 8 来论述这个 PWM 控制实施例的附加描述。按照示例实施例,图 6 的 H 桥电路拓扑还可利用滞后开关概念,如以上参照图 4 所述。例如,图 6 中的第一开关装置 610 和第二开关装置 614 可包括图 4 的组件的部分或全部,其中图 6 的开关装置 610、614 对应于图 4 的输出驱动器 410。对图 2 尝试这个概念,应当显而易见,图 2 的方向 / 极性控制 206 可对应于图 6 的方向 / 极性信号 608。按照本发明的实施例,H 桥电路拓扑还可适用于其它滞后控制和脉宽调制开关装置和电路,如前面参照图 2 和图 3 所述。

[0070] 按照一个示例实施例,仅 Q 脉宽调制 (PWM) 控制可用于控制用于驱动如图 6 中的执行机构 618 的电流。按照一个示例实施例,可通过闭合第四开关装置 616 以规定电流极性来控制正电流 619 通过执行机构 618。正电流 619 的幅值可经由第一开关装置 610 来控制。在一个示例实施例中,正电流 619 可通过作为图 7 所示的仅 Q PWM 的函数接通和断开第一开关装置 610 来控制。在本发明的一个示例实施例中,第二开关装置 614 和第三开关装置 612 可在正电流 619 被命令时始终保持为开路状态。

[0071] 类似的方式可用于控制负电流 617 通过执行机构 618。例如并且按照一个示例实施例,第三开关装置 612 可保持闭合以规定电流极性,同时第二开关装置 614 经由仅 nQ PWM (如图 8 所示) 接通和断开,以便控制负电流 617 的幅值。在本发明的一个示例实施例中,第一开关装置 610 和第四开关装置 616 可在负电流 617 被命令时始终保持为开路状态。

[0072] 参照图 5 并且按照一个示例实施例,仅 Q PWM 控制(如图 7 所示)可用于接通和断开开关装置 508,以便控制正电流 538 通过执行机构 512。在其中建立正电流 534 通路的这个实施例中,开关装置 540 可保持为开路状态。

[0073] 同样,在图 5 中,对于负电流 536,按照一个示例实施例,仅 nQ PWM(如图 8 所示)可用于接通和断开开关装置 526,以便控制负电流 540。对于这个示例实施例,开关装置 508 可保持为开路状态。

[0074] 按照本发明的示例实施例,通过执行机构 618 的双向驱动电流 617、619 可包括操纵和/或协调一个或多个装置 610、612、614、616,以便建立通过执行机构 618 的至少一个正电流通路 620 和至少一个负电流通路 622。按照示例实施例,可提供至少基于与执行机构 618 关联的电流 617、619 的反馈(如图 4 中的 403),并且通过执行机构 618 的电流 617、619 可至少部分基于反馈(如图 4 中的 403)来控制。按照本发明的示例实施例,执行机构电流 617、619 可基于反馈(如图 4 中的 403)和参考信号(如图 4 中的 402)的比较来控制。在某些实施例中,控制所述电流 617、619 还可包括协调至少四个开关装置 610、612、614、616,其中四个开关装置中的至少两个处于开路状态,而另外两个开关中的至少一个至少部分基于处于闭合状态的时间的百分比来控制电流。在某些示例实施例中,电流 617、619 可通过控制与至少一个正电流通路 620 或者至少一个负电流通路 622 关联的至少一个开关来控制。在本发明的某些实施例中,可操纵一个或多个装置 610、612、614、616 来建立至少一个正电流通路 620 和至少一个负电流通路 622。在一个示例实施例中,两个互斥电流通路可采用执行机构 618 来桥接。按照本发明的某些示例实施例,控制电流 617、619 可通过使用如图 4 所示的滞后控制来实现。

[0075] 本发明的某些示例实施例可包括用于控制双向驱动电流 617、619 的系统。该系统可包括执行机构 618、电压源 602、通过执行机构 618 的至少一个正电流通路 620 和至少一个负电流通路 622 以及控制器(如图 1 中的 102),控制器配置成至少部分基于与执行机构 618 关联的反馈(如图 4 中的 403)来操纵电流通路 620、622 和控制电流 617、619。在某些实施例中,控制器(如图 1 中的 102)还配置成基于反馈(如图 4 中的 403)和参考信号(如图 4 中的 402)的比较来操纵电流通路 620、622 以及控制电流 617、619。在某些示例实施例中,正电流通路 620 包括第一开关装置 610 和第四开关装置 616,而负电流通路 622 包括第二开关装置 614 和第三开关装置 612。在某些示例实施例中,控制器(如图 1 中的 102)还配置成通过控制第一开关装置 610 或者第四开关装置 616 来控制正驱动电流 619,并且控制器(如图 1 中的 102)还配置成通过控制第二开关装置 614 或者第三开关装置 612 来控制负驱动电流 617。

[0076] 按照某些示例实施例,控制器(如图 1 中的 102)还配置成控制开关装置 610、612、614、616 的导通状态。在某些示例实施例中,第一开关装置 610 和第三开关装置 612 的导通状态互斥,而且第二开关装置 614 和第四开关装置 616 的导通状态互斥。在某些示例实施例中,控制器(如图 1 中的 102)还配置成通过协调至少第一开关装置 610、第二开关装置 614、第三开关装置 612 和第四开关装置 616 以可开关方式控制电流 617、619。按照示例实施例,四个开关装置 610、612、614、616 中的至少两个处于开路状态,而其余两个开关装置中的至少一个可操作以至少部分基于处于闭合状态的时间的百分比来控制驱动电流 617、619。在某些示例实施例中,控制器(102)还配置成至少部分基于如图 4 所示的滞后控制来控制电

流 617、619。

[0077] 按照一个示例实施例,如以上参照图 4 所述的滞后控制可用于控制用于驱动执行机构 618 的电流。例如,正电流 619 可通过闭合第四开关装置 616 以规定电流极性来控制。正电流 619 的幅值可经由第一开关装置 610 来控制。在一个示例实施例中,正电流 619 可通过作为如以上参照图 4 所述的滞后控制回路动作的函数接通和断开第一开关装置 610 来控制。在本发明的一个示例实施例中,第二开关装置 614 和第三开关装置 612 可在正电流 619 由滞后控制回路命令时始终保持为开路状态。

[0078] 类似的方式可用于控制负电流 617 通过执行机构 618。例如并且按照一个示例实施例,第三开关装置 612 可保持闭合以规定电流极性,同时第二开关装置 614 经由滞后控制回路动作来接通和断开,以便控制负电流 617 的幅值。在本发明的一个示例实施例中,第一开关装置 610 和第四开关装置 616 可在负电流 617 被命令时始终保持为开路状态。

[0079] 按照某些示例实施例,并且继续参照图 6,提供一种用于控制通过执行机构 618 的双向驱动电流 617、619 的电路。该电路可包括通过执行机构 618 的至少一个正电流通路 620 和至少一个负电流通路 622 以及控制器(如图 1 中的 102),所述控制器配置成至少部分基于与执行机构 618 关联的反馈(如图 4 中的 403)来操纵电流通路 620、622 和控制电流 617、619。按照示例实施例,控制器(如图 1 中的 102)还可配置成基于反馈和参考信号的比较来操纵电流通路 620、622 以及控制电流 617、619。在某些示例实施例中,正电流通路 620 可包括第一开关装置 610 和第四开关装置 616,而负电流通路 622 可包括第二开关装置 614 和第三开关装置 612。

[0080] 按照某些示例实施例,控制器(如图 1 中的 102)还可配置成通过控制第一开关装置 610 或者第四开关装置 616 来控制正驱动电流 619,并且控制器还可配置成通过控制第二开关装置 614 或者第三开关装置 612 来控制负驱动电流 617。在某些示例实施例中,控制器(如图 1 中的 102)还可配置成控制开关装置 610、612、614、616 的导通状态。在本发明的某些实施例中,第一开关装置 610 和第三开关装置 612 的导通状态互斥,而第二开关装置 614 和第四开关装置 616 的导通状态互斥。按照本发明的某些实施例,控制器 102 还可配置成通过下列步骤来控制驱动电流 617、619:协调开关装置 610、612、614、616,四个开关装置 610、612、614、616 中的至少两个处于开路状态,而另外两个开关装置中的至少一个可操作以至少部分基于处于闭合状态的时间的百分比来控制电流 617、619。

[0081] 图 7 和图 8 分别示出按照本发明的示例实施例的正电流开关控制 700 和负电流开关控制 800 的示例时间图。这些时间图的示例实施例可应用于本发明的仅 Q 脉宽调制(PWM)控制实施例。按照本发明的实施例,这些示例时间图可适用于以上针对图 5 的执行机构双向电流开关电路 500 和/或图 6 的 H 桥电路 600 所述的实施例。这些附图表示作为时间的函数的串联的两个开关装置的示例开关状态(通或断)。所示的开关状态可为执行机构(如图 3 中的 318)提供可重新配置的导通通路,以便控制极性和平均驱动电流,极性和平均驱动电流又可用于控制相应动作方向以及控制执行机构的速度或力量。

[0082] 按照一个示例实施例并且如图 7 所示,开关装置可按照仅 Q PWM 开关装置状态来控制。例如,第一开关装置(比如 H 桥的一个分支、如图 6 中的 620 中的 610,或者图 5 的第一开关 508 中)可按照作为时间的函数的第一开关状态 702 来控制。图 7 还示出第二开关装置(比如 H 桥的相同分支、如图 6 中的 620 中的 616)的开关装置状态 704。按照一个示

例实施例,第二开关装置状态 704 在沿一个方向驱动执行机构时可以是稳定“接通”,并且因此,这个特征使本发明不同于其中第二开关装置通常被 PWM 开关的传统 PWM 开关。

[0083] 按照本发明的示例实施例,第一开关装置状态 702 的占空比可根据需要来调整,以便提供通过执行机构的预期平均电流。按照本发明的示例实施例,当开关装置配置成路由正电流(如图 6 中的 619)通过执行机构(比如 618)(经由开关装置,比如图 6 中的 610 和 616)时,H 桥的另一个分支中的开关装置(比如图 6 中的 614 和 612)可处于开路状态,以便避免使电源短接。

[0084] 图 8 示出仅 nQ PWM 负电流开关状态 800 的类似示例时间图。按照一个示例实施例,第一(负电流)开关装置(比如 H 桥的一个分支、如图 6 中的 622 中的 614,或者图 5 的第二开关装置 526 中)可按照作为时间的函数的第一负开关状态 804 来控制。图 8 还示出第二(负电流)开关装置(比如 H 桥的相同支路、如图 6 中的 622 中的 612)的第二负开关装置状态 802。按照一个示例实施例,第二开关装置状态 802 在沿一个方向驱动执行机构时可以是稳定“接通”,并且因此,这个特征使本发明不同于其中第二开关装置通常被 PWM 开/关的传统 PWM 开/关。

[0085] 按照本发明的示例实施例,第一负开关装置状态 804 的占空比可根据需要来调整,以便提供通过执行机构的预期平均负电流。按照本发明的示例实施例,当开关装置配置成路由负电流(如图 6 中的 617)通过执行机构(如 618)(经由开关装置、如图 6 中的 612 和 614)时,H 桥的另一个分支中的开关装置(如图 6 中的 610 和 616)可处于开路状态,以便避免使电源短接。

[0086] 现在参照图 9 的流程图来描述用于控制执行机构的示例方法 900。该方法在框 902 开始,其中按照本发明的一个示例实施例,生成参考信号。在框 904 并且按照本发明的一个示例实施例,至少部分基于参考信号采用开关驱动信号来操纵执行机构。在框 906 并且按照一个示例实施例,生成开关激励信号。在框 908 并且按照一个示例实施例,至少部分基于与开关激励信号关联的反馈来控制参考。方法 900 在框 908 之后结束。

[0087] 现在参照图 10 的流程图来描述用于控制执行机构驱动电流的示例方法 1000。该方法在框 1002 开始,其中按照本发明的一个示例实施例,该方法可包括接收参考信号。在框 1004,该方法可包括至少部分基于驱动电流来确定反馈信号。在框 1006,该方法可包括至少部分基于反馈信号来确定经调节的反馈信号。在框 1008,该方法可包括将参考信号与经调节的反馈信号进行比较。在框 1010,该方法可包括基于参考信号和经调节的反馈信号的比较来控制驱动电流。方法 1000 在框 1010 之后结束。

[0088] 现在参照图 11 的流程图来描述用于控制通过执行机构的双向驱动电流的示例方法 1100。该方法在框 1101 开始,其中按照本发明的一个示例实施例,该方法可包括接收方向控制信号。在框 1102,该方法可包括至少部分基于方向控制来操纵一个或多个装置,以便建立通过执行机构的至少一个可开关正电流通路和至少一个可开关负电流通路。在框 1104,该方法可包括至少基于与执行机构关联的电流来提供反馈。而且,在框 1106,该方法可包括至少部分基于反馈来控制电流。方法 1100 在框 1106 之后结束。

[0089] 现在参照图 12 的流程图来描述用于控制执行机构驱动电流的示例方法 1200。该方法在框 1201 开始,其中按照本发明的一个示例实施例,该方法可包括接收方向控制信号。在框 1202,该方法可包括至少部分基于方向控制信号来操纵一个或多个装置,以便建立

通过执行机构的至少一个可开关正电流通路和至少一个可开关负电流通路。在框 1204 并且按照本发明的一个示例实施例,该方法可包括至少基于与执行机构关联的电流来提供反馈。在框 1206,该方法可包括至少部分基于反馈或者基于反馈与脉宽调制信号的比较来控制电流。方法 1200 在框 1206 之后结束。

[0090] 现在参照图 13 的流程图来描述用于控制通过执行机构的双向驱动电流的示例方法 1300。该方法在框 1302 开始,其中按照本发明的一个示例实施例,该方法可包括接收参考信号。在框 1304,该方法可包括至少基于与执行机构关联的电流来确定反馈信号。在框 1306,该方法可包括基于参考信号和经调节的反馈信号的比较来控制驱动电流。在框 1308,该方法可包括经由滞后控制来操纵一个或多个装置,以便建立通过执行机构的至少一个正电流通路和至少一个负电流通路。方法 1300 在框 1308 之后结束。

[0091] 现在参照图 14 的流程图来描述用于控制通过执行机构的双向驱动电流的示例方法 1400。该方法在框 1402 开始,其中按照本发明的一个示例实施例,该方法可包括接收参考信号。在框 1404,该方法可包括至少基于与执行机构关联的电流来确定反馈信号。在框 1406,该方法可包括基于参考信号和经调节的反馈信号的比较来控制驱动电流。在框 1408,该方法可包括经由脉宽调制控制来操纵一个或多个装置,以便建立通过执行机构的至少一个正电流通路和至少一个负电流通路。方法 1400 在框 1408 之后结束。

[0092] 因此,本发明的示例实施例能够提供如下技术效果:创建以提高的效率来提供伺服执行机构控制的某些系统、方法和设备。本发明的示例实施例能够提供如下进一步的技术效果:提供用于减少伺服执行机构驱动器或激励信号驱动器所生成的热量的系统、方法和设备。本发明的示例实施例能够提供如下进一步的技术效果:提供用于消除吸热器或者减小传统伺服执行机构驱动器中所需的吸热器尺寸的系统、方法和设备。本发明的示例实施例能够提供如下的进一步技术效果:提供用于减小与伺服执行机构及其驱动电子器件关联的电路、电路板和 / 或面板的尺寸或占用面积的系统、方法和设备。

[0093] 在本发明的示例实施例中,控制器系统 100、执行机构驱动和位置传感器激励电路 200 和 / 或定位控制系统 300 可包括被执行以便于任何操作的任何数量的软件应用。

[0094] 在示例实施例中,一个或多个 I/O 接口可便于控制器系统 100、执行机构驱动和位置传感器激励电路 200 和 / 或定位控制系统 300 以及一个或多个输入 / 输出装置之间的通信。例如,通用串行总线端口、串行端口、盘驱动器、CD-ROM 驱动器和 / 或诸如显示器、键盘、小键盘、鼠标、控制面板、触摸屏显示器、麦克风等的一个或多个用户接口装置可便于用户与控制器系统 100、执行机构驱动和位置传感器激励电路 200 和 / 或定位控制系统 300 交互。一个或多个 I/O 接口可用于接收或收集来自各种各样的输入装置的数据和 / 或用户指令。所接收的数据在本发明的各种实施例中可按照需要由一个或多个计算机处理器来处理,和 / 或存储在一个或多个存储器装置中。

[0095] 一个或多个网络接口可便于控制器系统 100、执行机构驱动和位置传感器激励电路 200 和 / 或定位控制系统 300 输入和输出连接到一个或多个适当网络和 / 或连接;例如便于与和系统关联的任何数量的传感器的通信的连接。一个或多个网络接口还可便于连接到一个或多个适当网络;例如局域网、广域网、因特网、蜂窝网络、射频网络、Bluetooth™ 使能网络、Wi-Fi™ 使能网络、基于卫星的网络、任何有线网络、任何无线网络等,用于与外部装置和 / 或系统进行通信。

[0096] 根据需要,本发明的实施例可包括控制器系统 100、执行机构驱动和位置传感器激励电路 200 和 / 或定位控制系统 300,其中具有如图 1、图 2 和图 3 中所示的或多或少的组件。

[0097] 以上参照按照本发明的示例实施例的系统、方法、设备和 / 或计算机程序产品的框图和流程图描述了本发明。大家会理解,框图和流程图的一个或多个框以及框图和流程图中的框的组合分别可通过计算机可执行程序指令来实现。同样,按照本发明的一些实施例,框图和流程图的某些框可以不一定需要按所呈现的顺序来执行,或者可以不一定需要完全执行。

[0098] 这些计算机可执行程序指令可加载到通用计算机、专用计算机、处理器或者其它可编程数据处理设备上以产生特定机器,使得在计算机、处理器或者其它可编程数据处理设备上执行的指令创建用于实现流程图的一个或多个框中指定的一个或多个功能的部件。这些计算机程序指令还可存储在计算机可读存储器中,它们可指导计算机或其它可编程数据处理设备以特定方式起作用,使得计算机可读存储器中存储的指令产生一种制品,其中包括实现流程图的一个或多个框中指定的一个或多个功能的指令部件。作为一个示例,本发明的实施例可提供计算机程序产品,包括计算机可用介质,其中包含计算机可读程序代码或程序指令,所述计算机可读程序代码适合被执行以实现流程图的一个或多个框中指定的一个或多个功能。计算机程序指令还可被加载到计算机或者其它可编程数据处理设备上,从而使一系列操作单元或步骤在计算机或其它可编程设备上执行,从而产生计算机实现的过程,使得在计算机或其它可编程设备上执行的指令提供用于实现流程图的一个或多个框中指定的功能的单元或步骤。

[0099] 因此,框图和流程图的框支持用于执行指定功能的部件的组合、用于执行指定功能的单元或步骤的组合、以及用于执行指定功能的程序指令部件。大家还会理解,框图和流程图的各框以及框图和流程图中的框的组合可通过执行指定功能、单元或步骤的基于硬件的专用计算机系统或者专用硬件和计算机指令的组合来实现。

[0100] 虽然结合当前被认为最实际的内容和各种实施例已经描述了本发明,但是要理解,本发明并不局限于所公开的实施例,相反,它意在涵盖包含于所附权利要求的范围之内的各种修改和等效布置。虽然本文中采用具体术语,但是它们仅以一般性和描述性意义来使用,而不是用于限制的目的。

[0101] 本书面描述使用示例来公开本发明,其中包括最佳模式,并且还使本领域的技术人员能够实施本发明,包括制作和使用任何装置或系统以及执行任何结合的方法。本发明的可专利范围在权利要求中定义,并且可包括本领域的技术人员想到的其它示例。如果这类其它示例具有与权利要求的文字语言完全相同的结构单元,或者如果它们包括具有与权利要求的文字语言的非实质差异的等效结构单元,则它们应当是处于权利要求的范围之内。

[0102] 配件表

[0103] 100 控制器系统

[0104] 102 控制器

[0105] 104 存储器

[0106] 106 (一个或多个) 处理器



- [0107] 108 (一个或多个) 输入 / 输出接口
- [0108] 110 (一个或多个) 网络接口
- [0109] 112 操作系统
- [0110] 114 数据
- [0111] 118 执行机构命令和感测模块
- [0112] 120 激励驱动和执行机构位置感测模块
- [0113] 121 执行机构驱动和感测电路
- [0114] 123 激励驱动和执行机构位置感测电路
- [0115] 124 执行机构开关放大器
- [0116] 126 滤波
- [0117] 128 执行机构
- [0118] 130 感测和反馈调节
- [0119] 132 模数转换器 (可以是压控振荡器)
- [0120] 134 激励驱动开关放大器
- [0121] 136 位置传感器 (LVTD/RVDT)
- [0122] 140 感测和反馈调节
- [0123] 142 模数转换器 (可以是压控振荡器)
- [0124] 200 执行机构驱动和位置传感器激励电路
- [0125] 202 控制器 / 处理器
- [0126] 204 执行机构参考或脉宽调制信号
- [0127] 206 极性信号
- [0128] 207 开关驱动信号
- [0129] 208 开关功率放大器
- [0130] 209 滤波器
- [0131] 210 第一滤波电感器
- [0132] 212 第二滤波电感器
- [0133] 214 滤波电容器
- [0134] 215 执行机构电流
- [0135] 216 执行机构
- [0136] 218 电流感测电阻器
- [0137] 220 反馈电路
- [0138] 221 电流反馈 (第二反馈)
- [0139] 222 A/D 转换器
- [0140] 223 数字信号
- [0141] 224 位置传感器可移动芯子
- [0142] 226 位置传感器 (LVDT、RVDT)
- [0143] 228 开关激励信号
- [0144] 230 开关功率放大器
- [0145] 232 激励参考信号

- [0146] 234 反馈电路
- [0147] 236 激励信号反馈
- [0148] 240 A/D 转换器
- [0149] 241 数字信号
- [0150] 300 定位控制系统
- [0151] 302 伺服位置控制
- [0152] 304 数字伺服位置调整器（微处理器）
- [0153] 306 模数转换器
- [0154] 308 位置传感器反馈调节
- [0155] 310 电流调整器
- [0156] 312 用于执行机构的电流驱动器
- [0157] 314 激励控制
- [0158] 316 激励驱动器
- [0159] 318 执行机构
- [0160] 320 位置传感器 1 (LVDT1)
- [0161] 322 位置传感器 2 (LVDT2)
- [0162] 324 阀部件
- [0163] 400 具有滞后控制的开关伺服执行机构电路
- [0164] 401 输出驱动器电流
- [0165] 402 参考信号
- [0166] 403 经调节的反馈信号
- [0167] 404 第一运算放大器
- [0168] 406 输出驱动器栅极电阻器
- [0169] 408 电源
- [0170] 410 电流控制装置（输出驱动器（可以是 MOSFET 或类似器件））
- [0171] 412 感测电阻器
- [0172] 413 反馈信号驱动电流感测信号
- [0173] 414 第一反馈电阻器
- [0174] 416 第二反馈电阻器
- [0175] 418 负载
- [0176] 420 滤波电容器
- [0177] 422 偏置电阻器
- [0178] 424 增益电阻器
- [0179] 428 反馈延迟电阻器
- [0180] 430 反馈延迟电容器
- [0181] 432 地
- [0182] 500 双向电流开关电路
- [0183] 502 第一开关控制信号（PWM 参考信号）
- [0184] 504 第一电流反馈信号

- [0185] 506 第一运算放大器
- [0186] 508 第一开关装置
- [0187] 509 Vcc(正电压电源)
- [0188] 510 感测电阻器
- [0189] 511 地
- [0190] 512 负载和滤波器
- [0191] 514 第一差动放大器
- [0192] 516 第一滤波电阻器
- [0193] 518 第一滤波电容器
- [0194] 520 第二开关控制信号(PWM 参考信号)
- [0195] 522 第二电流反馈信号
- [0196] 524 第二运算放大器
- [0197] 526 第二开关装置
- [0198] 527 -Vee(负电压电源)
- [0199] 528 第二差动放大器
- [0200] 530 第二滤波电阻器
- [0201] 532 第二滤波电容器
- [0202] 534 正电流通路
- [0203] 536 负电流通路
- [0204] 538 正电流
- [0205] 540 负电流
- [0206] 600 H 桥
- [0207] 602 电源
- [0208] 604 第一开关驱动信号
- [0209] 606 第二开关驱动信号
- [0210] 608 方向/极性信号
- [0211] 609 反相器
- [0212] 610 第一开关装置
- [0213] 612 第三开关装置
- [0214] 614 第二开关装置
- [0215] 616 第四开关装置
- [0216] 617 负驱动电流
- [0217] 618 负载
- [0218] 619 正驱动电流
- [0219] 620 正电流通路
- [0220] 622 负电流通路
- [0221] 700 正电流开关状态
- [0222] 702 第一开关装置状态
- [0223] 704 第二开关装置状态(稳定接通)

- [0224] 706 传统H桥支路第二开关装置状态（供比较）
- [0225] 800 负电流开关状态
- [0226] 802 第二负开关装置状态（稳定接通）
- [0227] 804 第一负开关装置状态
- [0228] 806 传统H桥支路第二开关装置状态（供比较）
- [0229] 900 方法
- [0230] 902 框
- [0231] 904 框
- [0232] 906 框
- [0233] 908 框
- [0234] 910 框
- [0235] 1000 方法
- [0236] 1002 框
- [0237] 1004 框
- [0238] 1006 框
- [0239] 1008 框
- [0240] 1010 框
- [0241] 1100 方法
- [0242] 1102 框
- [0243] 1104 框
- [0244] 1106 框
- [0245] 1108 框
- [0246] 1200 方法
- [0247] 1202 框
- [0248] 1204 框
- [0249] 1206 框
- [0250] 1208 框

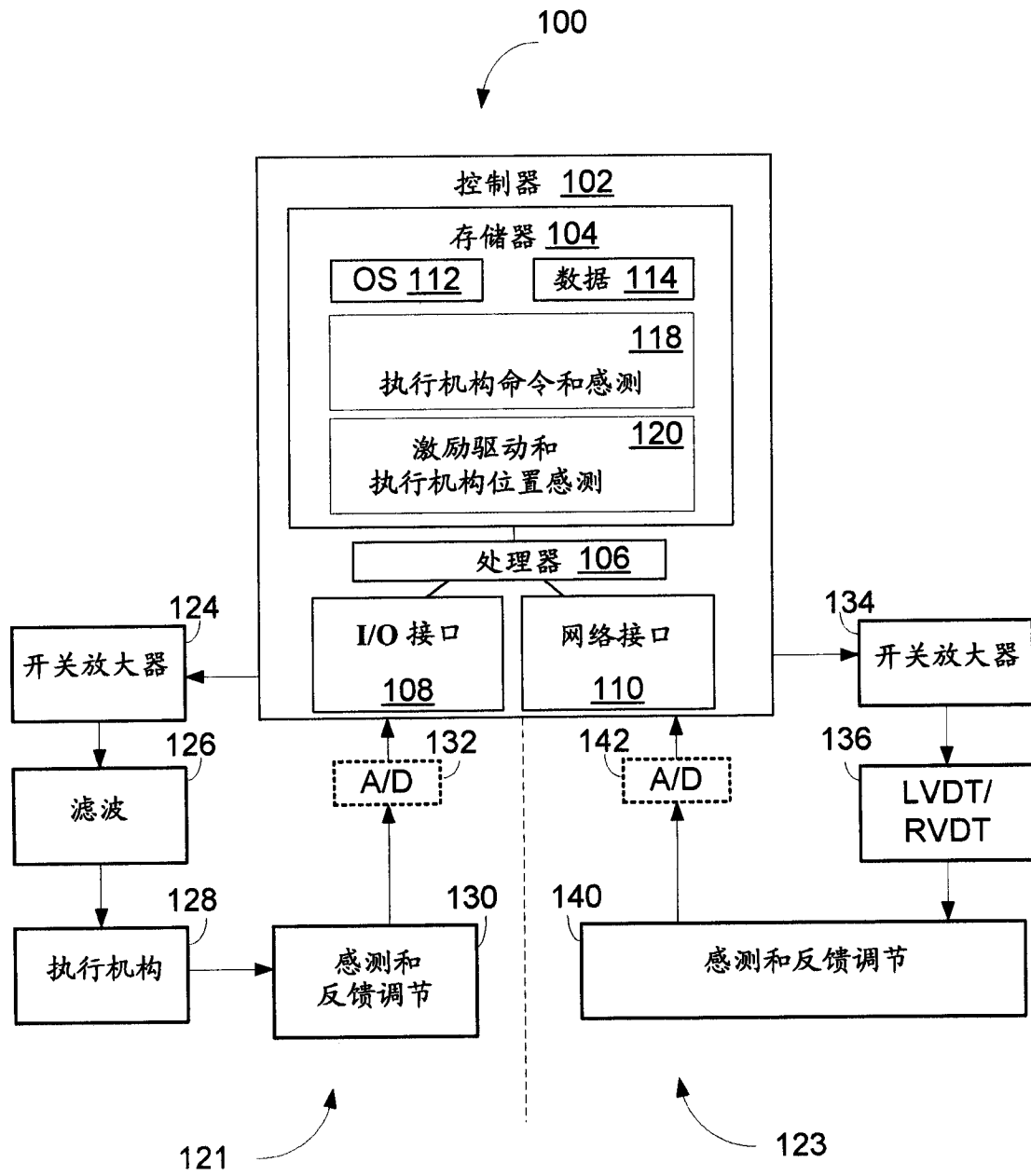


图 1

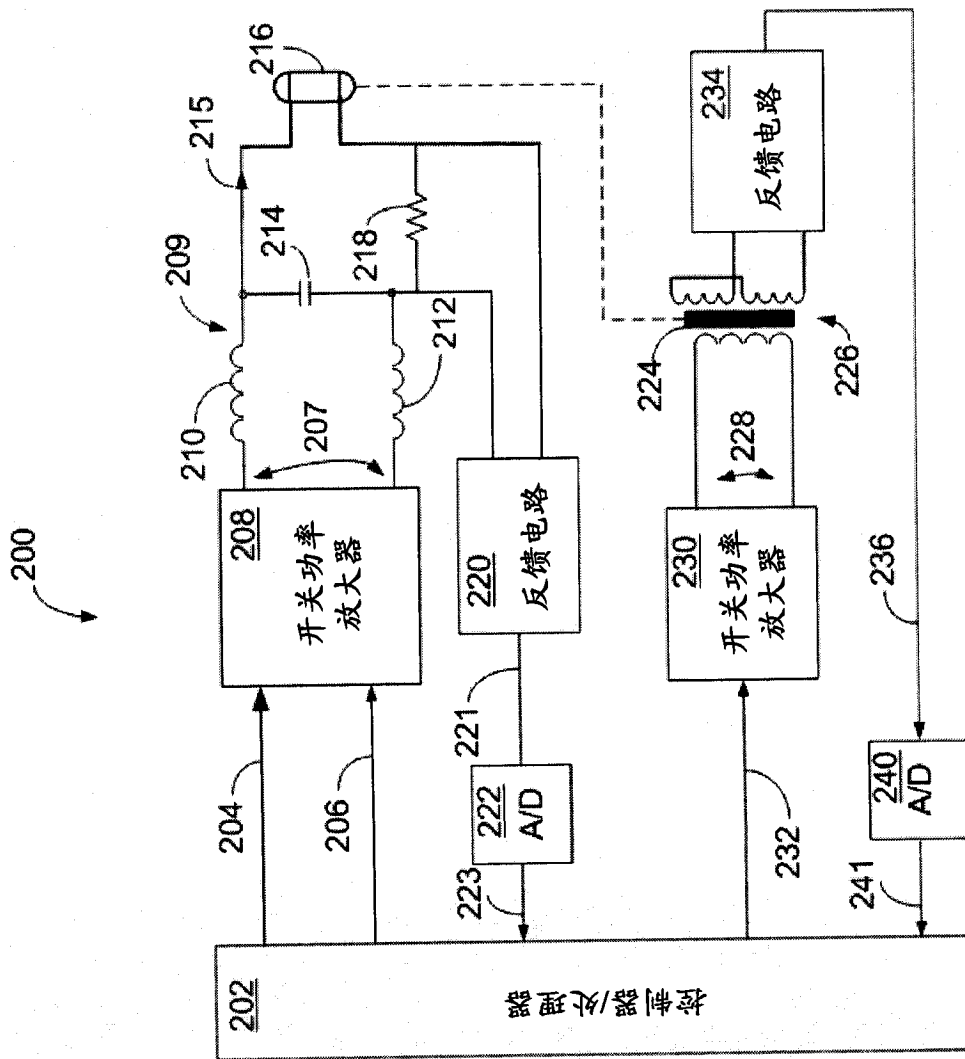


图 2

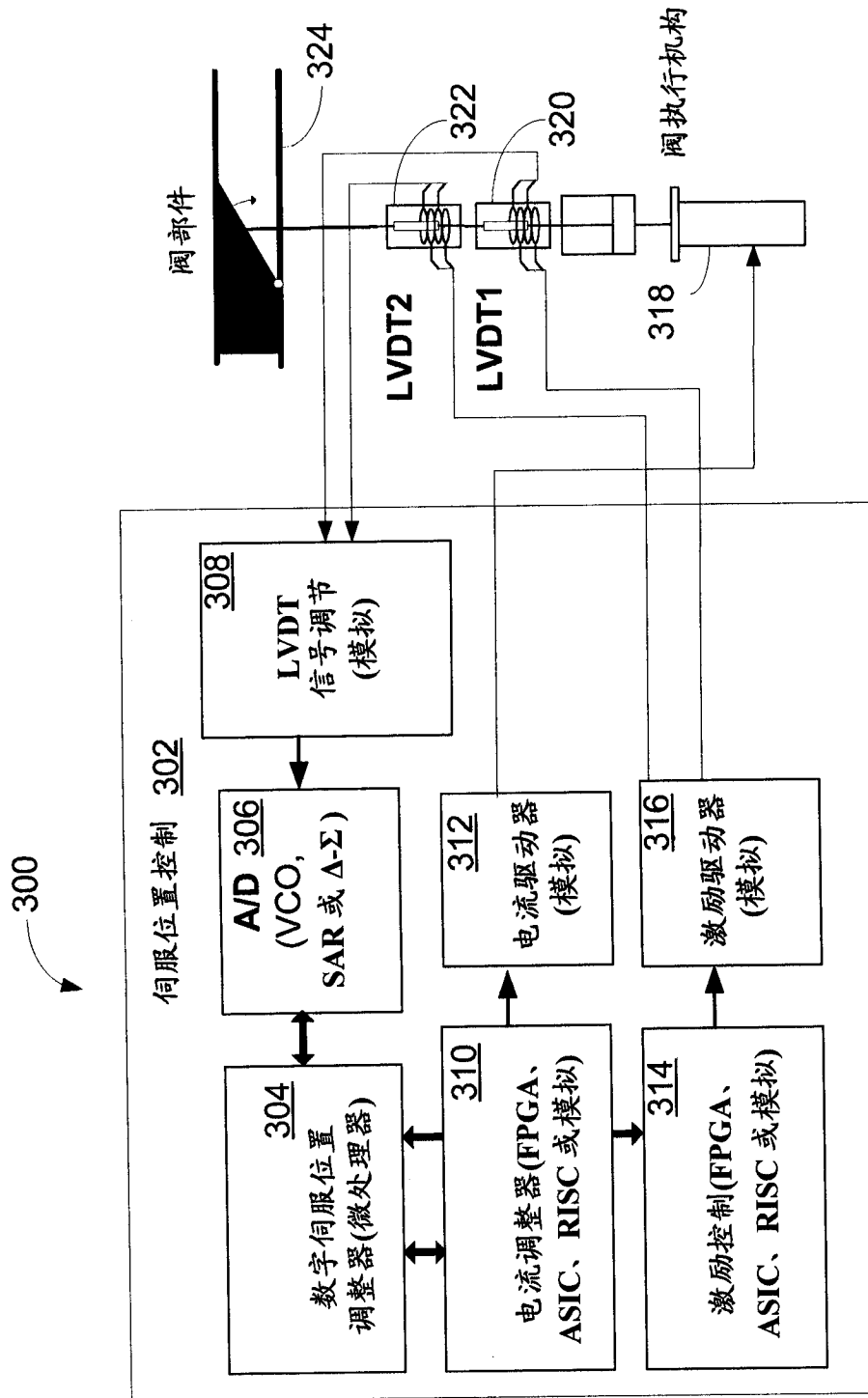


图 3

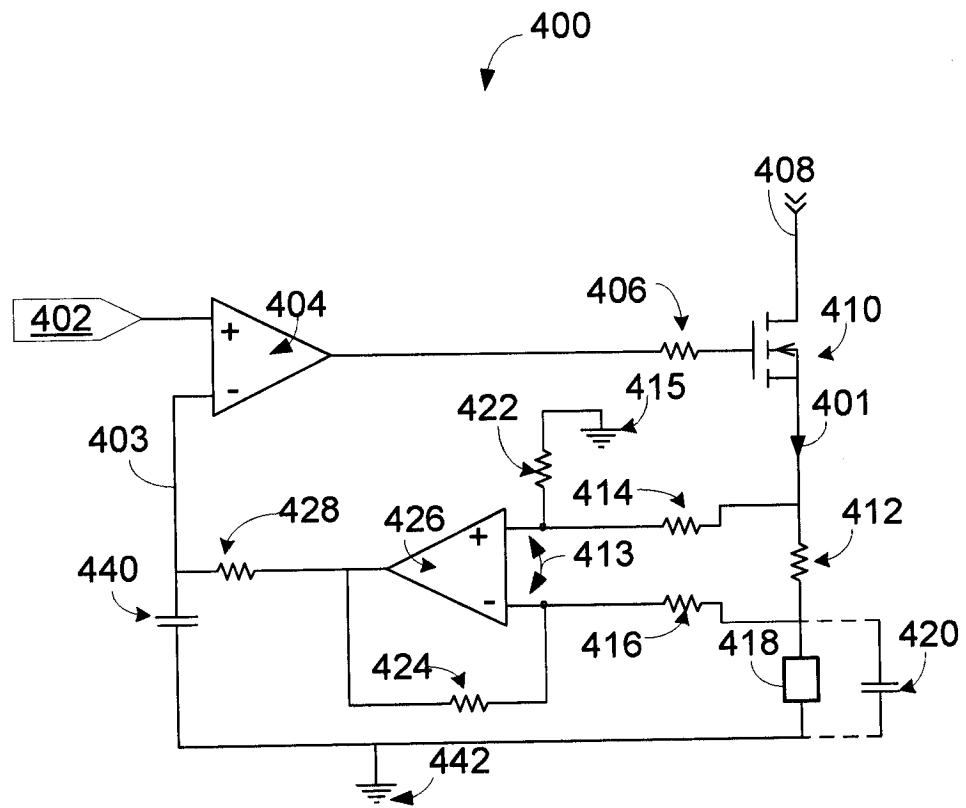


图 4



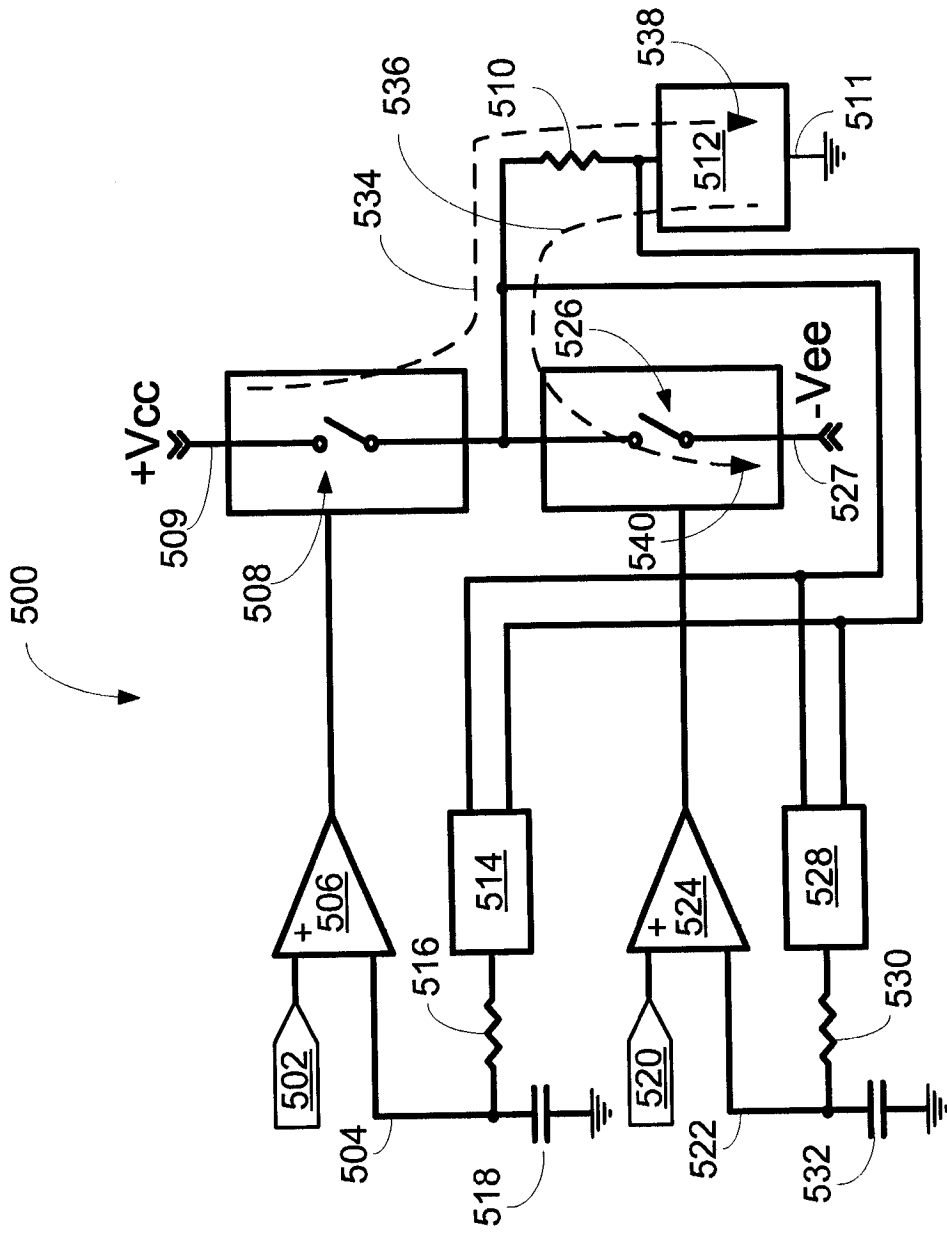


图 5

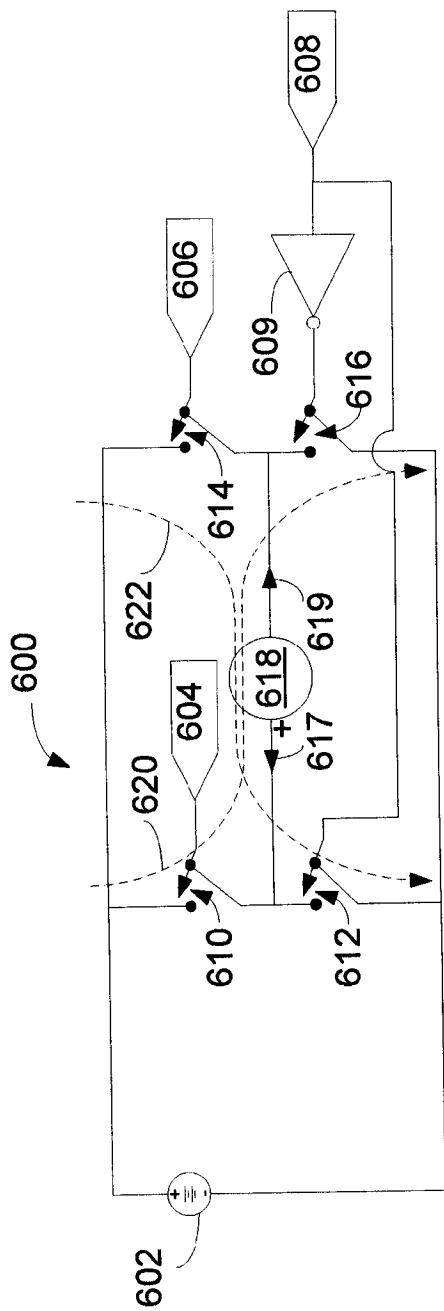


图 6

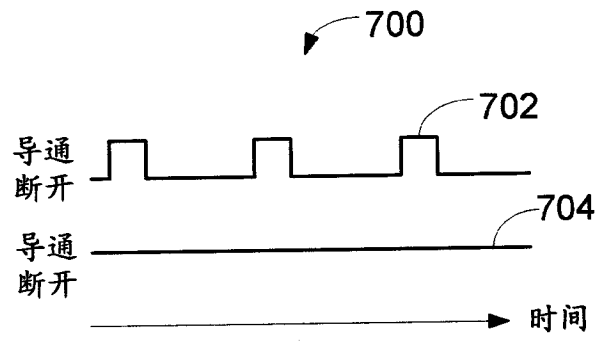


图 7

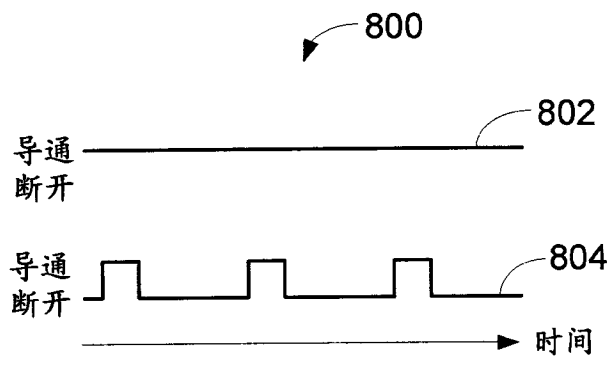


图 8

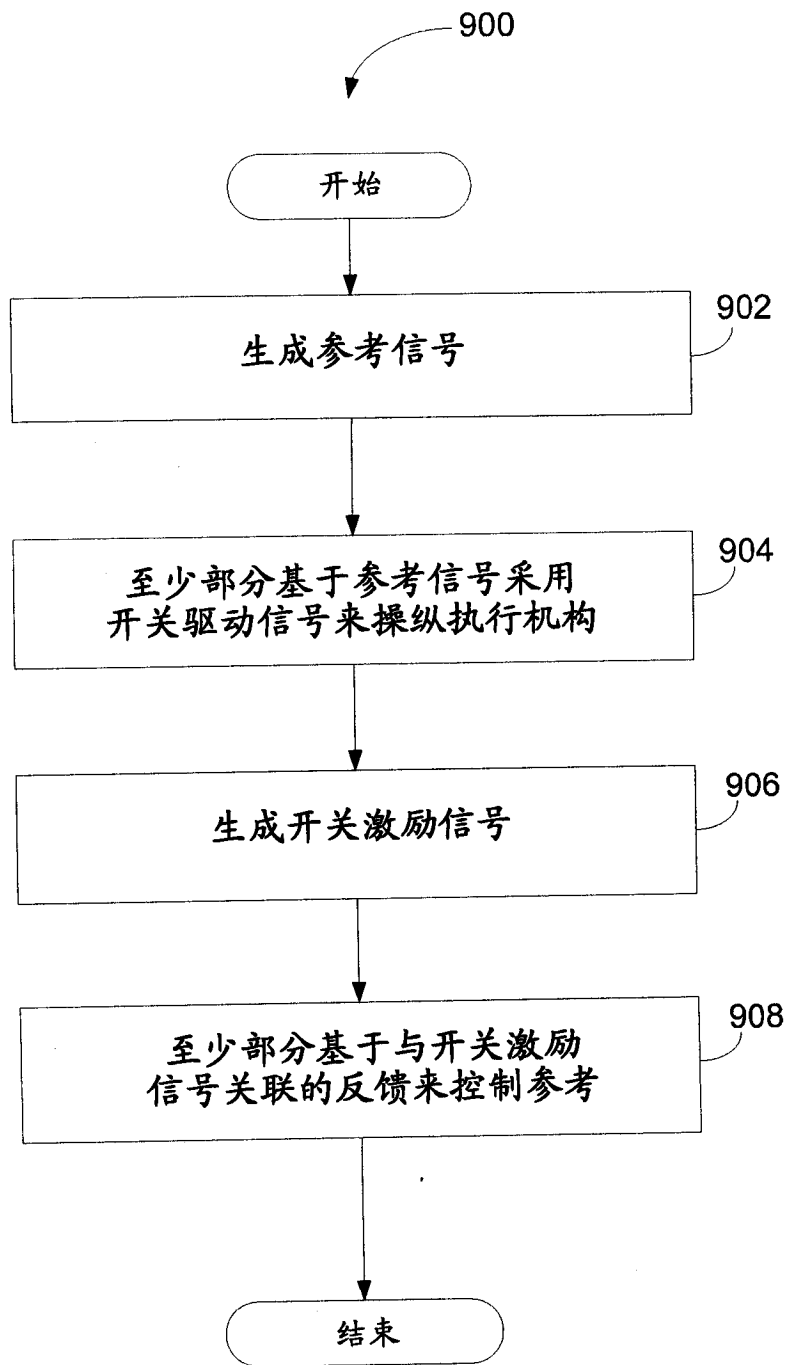


图 9

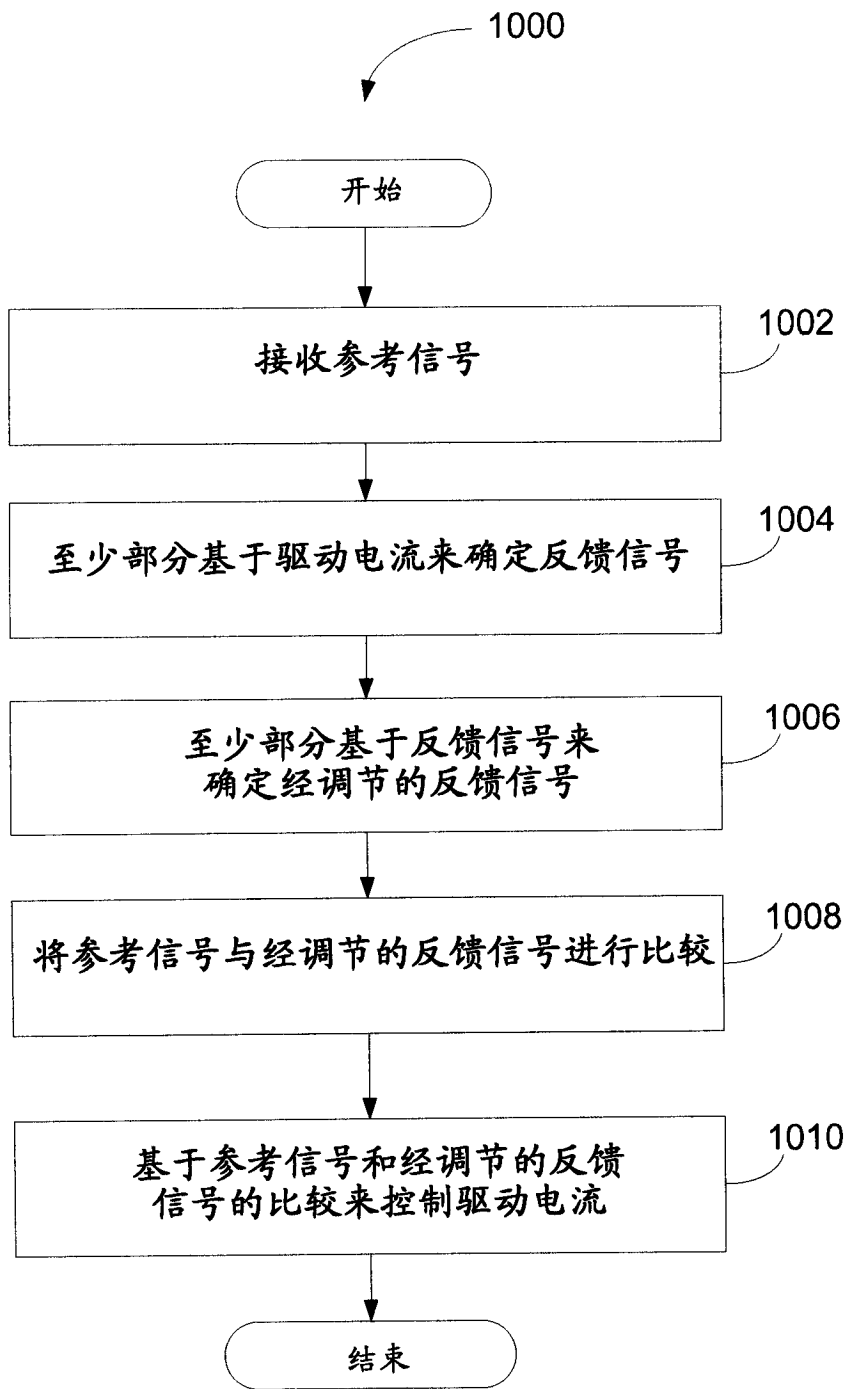


图 10

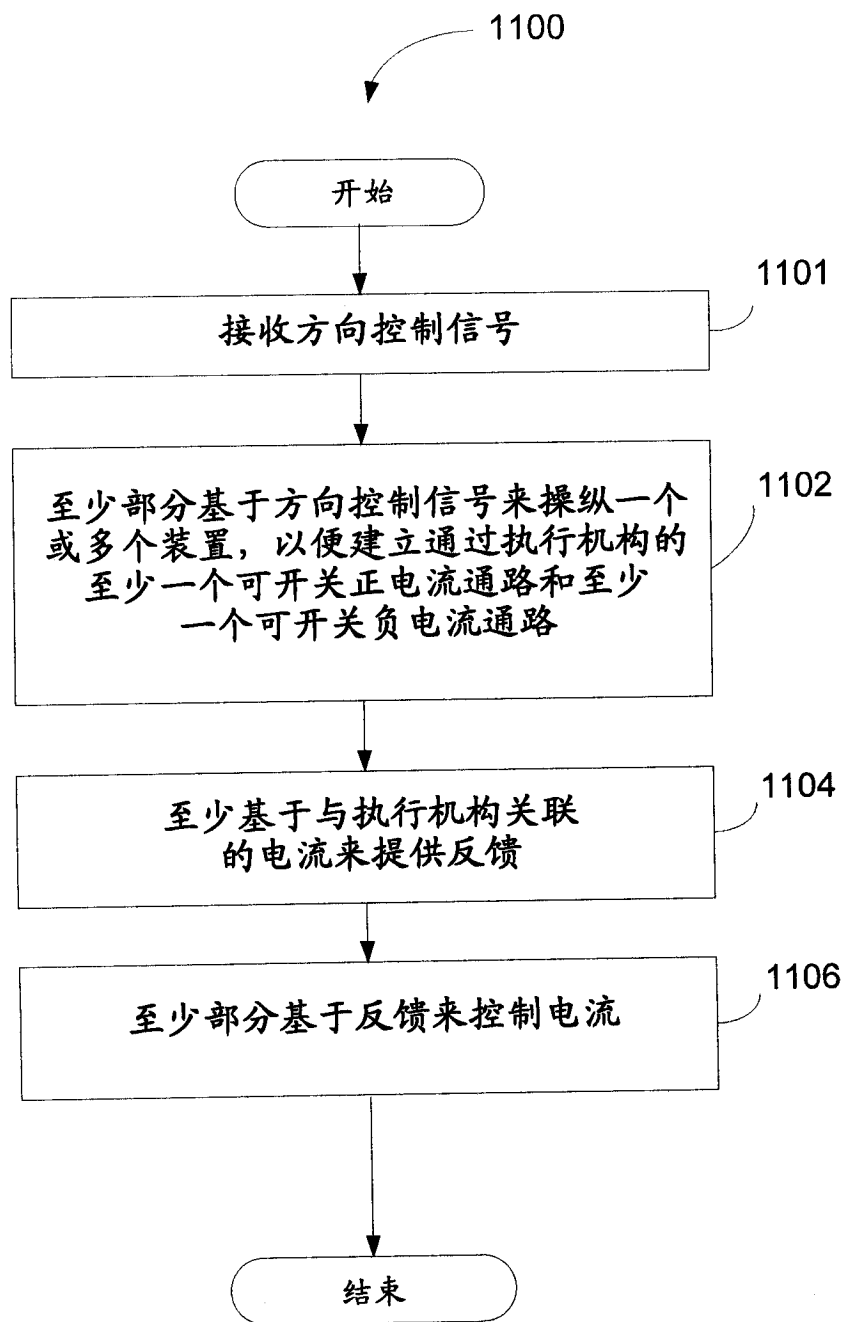


图 11

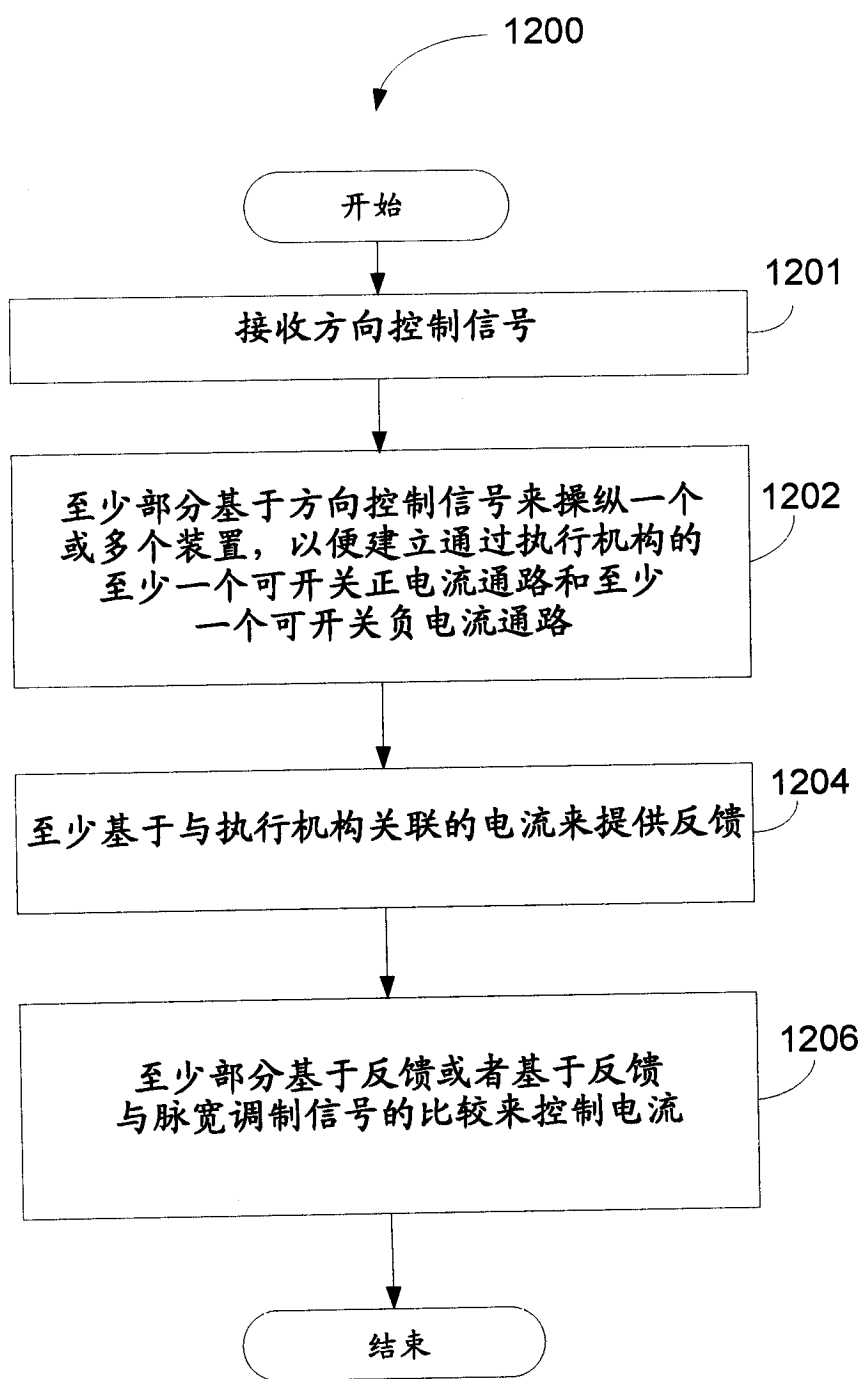


图 12

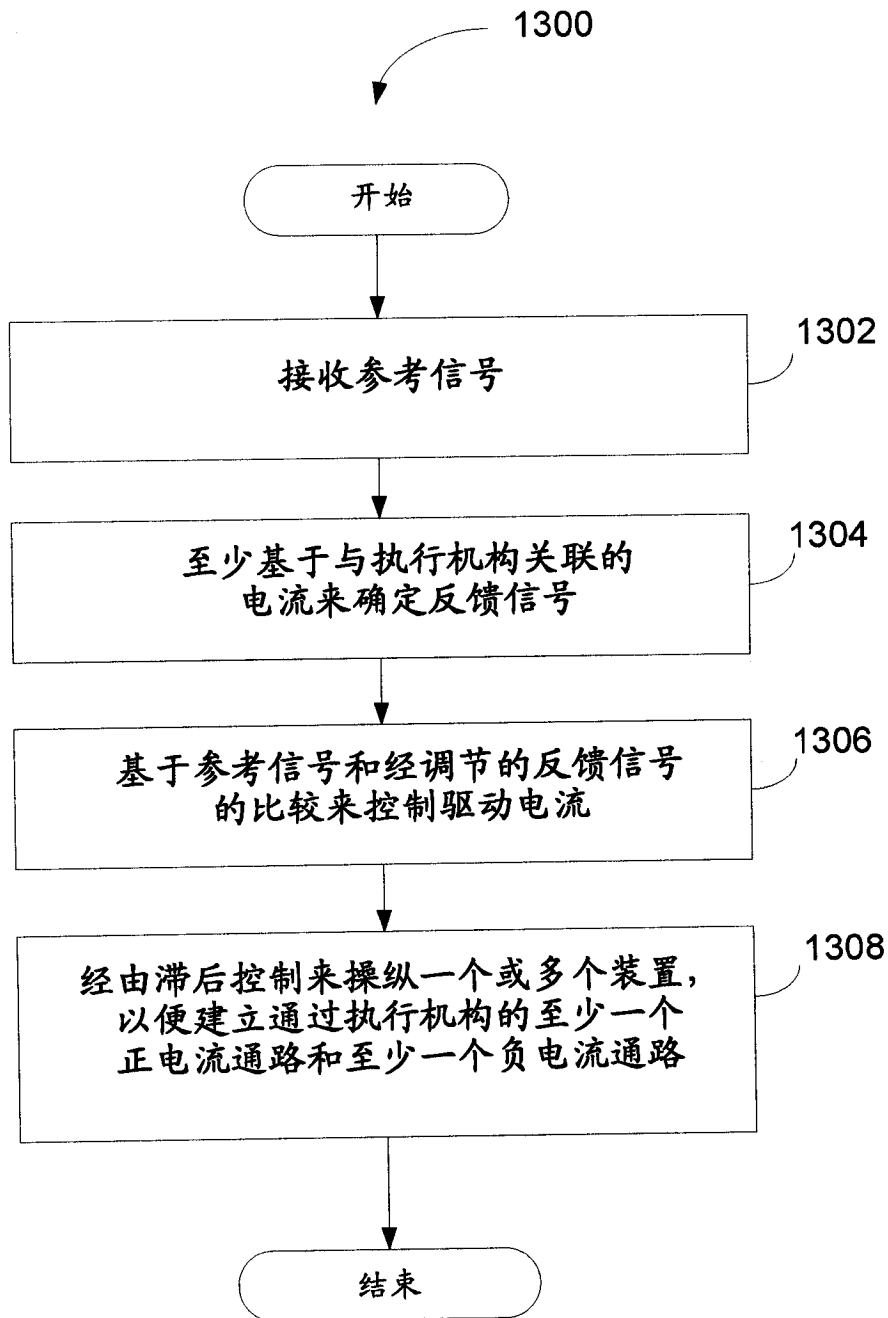


图 13



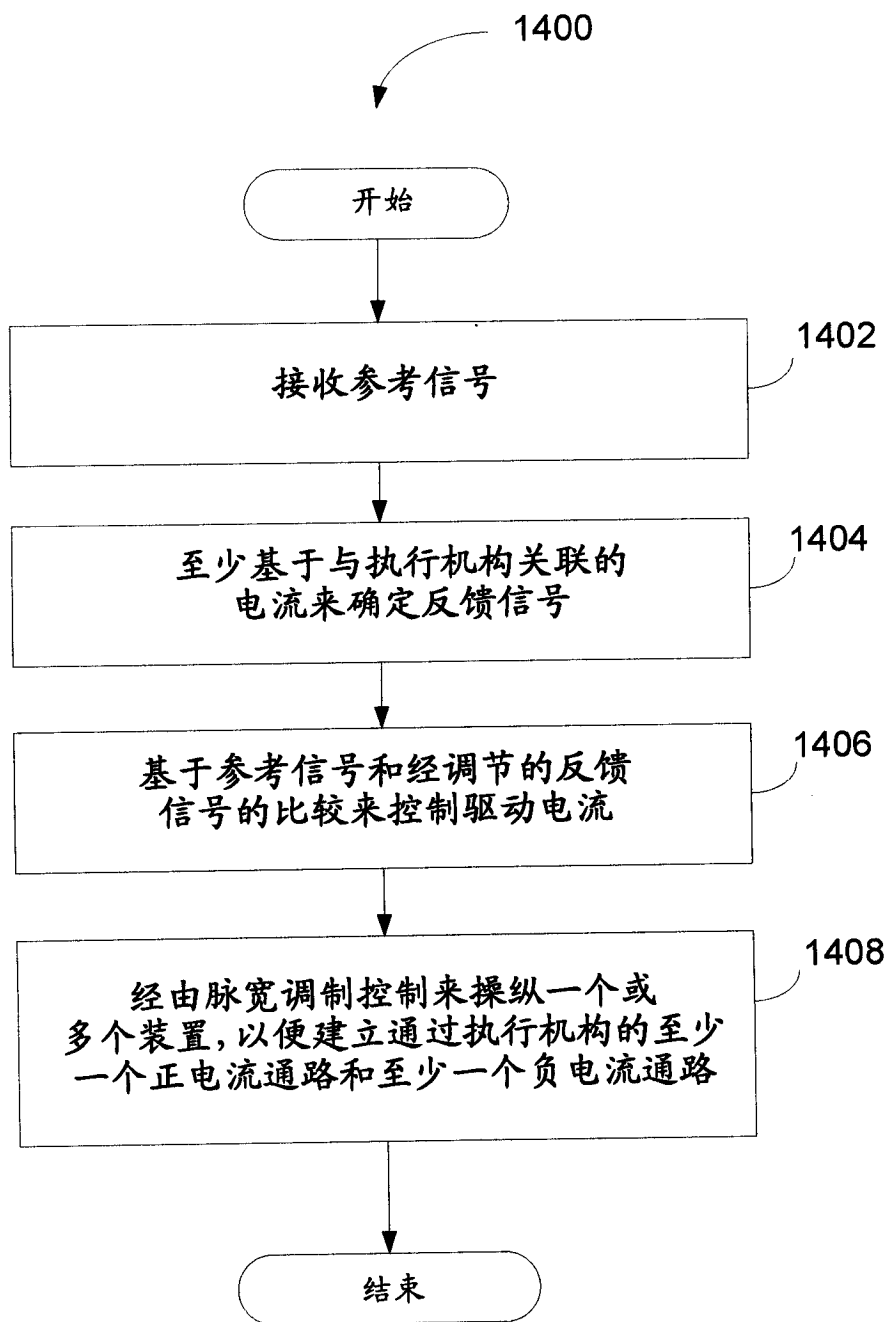


图 14