



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102352781 B

(45) 授权公告日 2015. 12. 16

(21) 申请号 201110149044. 7

(22) 申请日 2011. 05. 20

(30) 优先权数据

12/784657 2010. 05. 21 US

(73) 专利权人 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.

G06F 13/00(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1136370 A, 1996. 11. 20,

US 5305215 A, 1994. 04. 19,

US 5838515 A, 1998. 11. 17,

US 6947824 B1, 2005. 09. 20,

US 6981381 B1, 2006. 01. 03,

WO 9900815 A1, 1999. 01. 07,

审查员 彭小熙

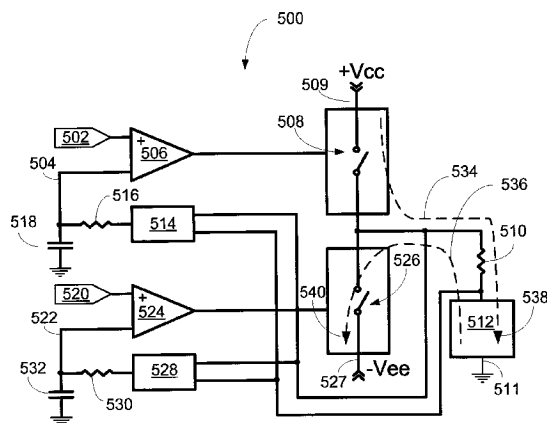
权利要求书2页 说明书18页 附图13页

(54) 发明名称

采用 PWM 控制来控制双向伺服致动器的系统、方法和设备

(57) 摘要

本发明名称为采用 PWM 控制来控制双向伺服致动器的系统、方法和设备。本发明的某些实施例可包括用于控制通过致动器的双向驱动电流的系统、方法和设备。该方法可包括:接收方向控制信号(502、520、608),至少部分基于该方向控制信号(502、520、608)操作一个或多个装置(508、526、610、612、614、616)以建立通过致动器(512、618)的至少一个可开关正电流路径(534、620)或至少一个可开关负(536、622)电流路径,至少基于与该致动器(512、618)关联的电流(538、540、617、619)提供反馈(504、522),以及至少部分基于该反馈(504、522)控制该电流(538、540、617、619)。该方法可包括凭借脉冲宽度调制控制来操作一个或多个装置以建立通过致动器的至少一个正电流路径和至少一个负电流路径。



1. 一种用于控制通过致动器的双向驱动电流的方法,所述方法包括:
接收方向控制信号;
至少部分基于接收所述方向控制信号操作一个或多个装置以建立通过致动器的至少一个可开关正电流路径和至少一个可开关负电流路径;
生成并且通过位置传感器激励绕组发送交流开关式激励信号,其中所述位置传感器至少间接与所述致动器耦合;
将所述交流开关式激励信号耦合至与所述位置传感器关联的感测绕组;
至少基于与所述致动器关联的电流或耦合的交流开关式激励信号来提供反馈;以及
至少部分基于所述反馈控制所述双向驱动电流。
2. 如权利要求1所述的方法,其中控制所述双向驱动电流进一步基于所述反馈和脉冲宽度调制信号的比较。
3. 如权利要求1所述的方法,其中控制所述双向驱动电流进一步包括协调至少四个开关,其中所述四个开关中的至少两个处于开路状态,并且另外两个开关中的至少一个至少部分基于脉冲宽度调制来控制所述双向驱动电流。
4. 如权利要求1所述的方法,其中操作一个或多个装置以建立至少一个可开关正电流路径或至少一个可开关负电流路径包括协调至少两个开关,其中所述开关中的至少一个处于开路状态。
5. 如权利要求1所述的方法,其中控制所述双向驱动电流包括控制与至少一个可开关正电流路径或至少一个可开关负电流路径关联的至少一个开关。
6. 如权利要求1所述的方法,其中控制所述双向驱动电流包括使用脉冲宽度调制控制所述双向驱动电流。
7. 如权利要求1所述的方法,其中操作一个或多个装置以建立至少一个可开关正电流路径或至少一个可开关负电流路径包括将两个互斥的电流路径与所述致动器连接。
8. 一种用于控制双向驱动电流的系统,其包括:
致动器;
至少一个电源;
位置传感器,包括激励绕组和感测绕组;
通过所述致动器的至少一个正电流路径和至少一个负电流路径,以及
控制器,其配置成用于:
生成并且通过所述位置传感器的激励绕组发送交流开关式激励信号,其中所述交流开关式激励信号采用与所述致动器的位置相关的信号强度耦合至所述感测绕组;
至少基于与所述致动器关联的电流或耦合的交流开关式激励信号来提供反馈;以及
至少部分基于所述反馈操作正电流路径或负电流路径并且控制双向驱动电流。
9. 如权利要求8所述的系统,其中所述控制器进一步配置成基于所述反馈和脉冲宽度调制信号的比较来操作正电流路径或负电流路径并且控制双向驱动电流。
10. 如权利要求8所述的系统,其中所述正电流路径包括第一开关装置和第四开关装置,并且其中所述负电流路径包括第二开关装置和第三开关装置。
11. 如权利要求8所述的系统,其中所述正电流路径包括第一开关装置和第四开关装置,并且其中所述负电流路径包括第二开关装置和第三开关装置,并且其中所述控制器进

一步配置成通过控制所述第一开关装置或所述第四开关装置来控制正驱动电流,并且其中所述控制器进一步配置成通过控制所述第二开关装置或所述第三开关装置来控制负驱动电流,其中所述第一开关装置和第二开关装置的导通状态是互斥的,并且其中所述第三开关装置和第四开关装置的导通状态是互斥的。

12. 如权利要求 8 所述的系统,进一步包括两个或以上的开关装置,其中所述开关装置是金属氧化物半导体场效应晶体管 MOSFET。

13. 如权利要求 8 所述的系统,进一步包括两个或以上的开关装置,其中所述开关装置中的至少一个处于开路状态。

14. 如权利要求 8 所述的系统,其中所述控制器进一步配置成通过协调至少第一开关装置、第二开关装置、第三开关装置和第四开关装置来可开关式地控制双向驱动电流,其中该四个开关装置中至少两个处于开路状态,并且其中其余两个开关装置中至少一个能操作成至少部分基于脉冲宽度调制来控制双向驱动电流。

15. 如权利要求 8 所述的系统,其中所述控制器进一步配置成通过协调至少第一开关装置和第二开关装置来可开关式地控制电流,其中所述第一开关装置或所述第二开关装置中的至少一个处于开路状态,并且其中所述第一开关装置或所述第二开关装置中至少一个能操作成至少部分基于脉冲宽度调制来控制双向驱动电流。

16. 一种用于控制通过致动器的双向电流的电路,所述电路包括:

位置传感器,包括激励绕组和感测绕组;

通过致动器的至少一个正电流路径和至少一个负电流路径;以及

控制器,配置成用于:

生成并且通过所述位置传感器的激励绕组发送交流开关式激励信号,其中所述交流开关式激励信号采用与所述致动器的位置相关的信号强度耦合至所述感测绕组;

至少基于与所述致动器关联的电流或耦合的交流开关式激励信号来提供反馈;以及

至少部分基于所述反馈操作正电流路径或负电流路径并且控制双向电流。

17. 如权利要求 16 所述的电路,其中所述控制器进一步配置成至少基于所述反馈和脉冲宽度调制信号的比较来操作正电流路径或负电流路径并且控制双向电流。

18. 如权利要求 16 所述的电路,其中所述正电流路径包括第一开关装置和第四开关装置,并且其中所述负电流路径包括第二开关装置和第三开关装置。

19. 如权利要求 16 所述的电路,其中所述正电流路径包括第一开关装置和第四开关装置,并且其中所述负电流路径包括第二开关装置和第三开关装置,并且其中所述控制器进一步配置成通过控制所述第一开关装置或所述第四开关装置来控制正驱动电流,并且其中所述控制器进一步配置成通过控制所述第二开关装置或所述第三开关装置来控制负驱动电流,其中所述第一开关装置和第二开关装置的导通状态是互斥的,并且其中所述第三开关装置和第四开关装置的导通状态是互斥的。

20. 如权利要求 16 所述的电路,其中所述控制器进一步配置成通过协调至少第一开关装置和第二开关装置来可开关式地控制电流,其中所述第一开关装置或第二开关装置中至少一个处于开路状态,并且其中所述第一开关装置或第二开关装置中至少一个能操作成至少部分基于脉冲宽度调制来控制双向电流。

采用 PWM 控制来控制双向伺服致动器的系统、方法和设备

[0001] 相关申请

[0002] 该申请关联于在 2010 年 5 月 21 日与本申请同时提交的名为“Systems, Methods, and Apparatus for Providing High Efficiency Servo Actuator and Excitation Drivers”的申请序列号 12/784,629,其的内容通过引用全文结合于此。

[0003] 该申请还关联于在 2010 年 5 月 21 日与本申请同时提交的名为“Systems, Methods, and Apparatus for Controlling Actuator Drive Current Using Bi-directional Hysteresis Control”的申请序列号 12/784,638,其的内容通过引用全文结合于此。

[0004] 该申请还关联于在 2010 年 5 月 21 日与本申请同时提交的名为“Systems, Methods, and Apparatus for Controlling Bi-directional Servo Actuator Using an H-Bridge with Hysteresis Control”的申请序列号 12/784,649,其的内容通过引用全文结合于此。

技术领域

[0005] 本发明大体上涉及伺服控制器,并且更具体地涉及控制双向伺服致动器。

背景技术

[0006] 燃气和蒸汽涡轮机利用伺服系统用于控制与涡轮机的各种部件关联的致动器。该致动器典型地移动燃料阀门、速比阀门、压缩机叶片和其他机构以控制在涡轮机系统中空气和燃料流。为了控制伺服致动器的位置,精确并且可控数量的 DC 电流(典型地高达 $\pm 200\text{mA}$)通过致动器线圈,并且该电流可部分基于来自耦合于该机构或致动器的换能器的反馈。常规的伺服控制器可使用线性缓冲器或线性放大器提供致动器的驱动电流,该线性缓冲器或线性放大器典型地要求庞大的散热器以散逸从驱动电子设备产生的过多热量。

[0007] 在许多涡轮机中,各种阀门和叶片可使用液压致动器控制。液压致动器、阀门或叶片的位置可使用例如解算器、线性可变差分变压器(LVDT)或线性可变差分磁阻(LVDR)装置等换能器监测并且反馈给控制器。这样的装置在严酷的涡轮机环境中是高度可靠的,但它们通常需要 AC 激励电流用于正确操作。该 AC 激励电流典型地由具有线性输出放大器的激励驱动电路提供,该线性输出放大器也可要求庞大的散热器以散逸由驱动电子设备产生的过多热量。

[0008] 当涡轮机具有大量阀门,每个阀门具有关联的致动器和 LVDT 时,涡轮机的伺服控制器可由于用于驱动电路的散热器的所需数量和大小而变得过于庞大。此外,当驱动能量通过线性驱动电路转换成热量时,电路的能量效率减小,并且散逸的热增加到控制面板的总体温度。

发明内容

[0009] 上文需求中的一些或所有可通过本发明的某些实施例解决。本发明的某些实施例

可包括用于控制双向伺服致动器的系统、方法和设备。

[0010] 根据本发明的示例实施例,提供用于控制通过致动器的双向驱动电流的方法。该方法可包括:接收方向控制信号,至少部分基于该方向控制信号操作一个或多个装置以建立通过致动器的至少一个可开关正电流路径和至少一个可开关负电流路径,至少基于与该致动器关联的电流提供反馈,以及至少部分基于该反馈控制该电流。根据本发明的示例实施例,控制该电流可基于该反馈和脉冲宽度调制信号的比较。在某些示例实施例中,该方法可包括凭借脉冲宽度调制控制来操作一个或多个装置以建立通过致动器的至少一个正电流路径和至少一个负电流路径。

[0011] 根据另一个示例实施例,提供用于控制双向驱动电流的系统。该系统可包括致动器、至少一个电源、通过该致动器的至少一个正电流路径和至少一个负电流路径和配置成至少部分基于与该致动器关联的反馈来操作该电流路径并且控制电流的控制器。根据本发明的示例实施例,该控制器进一步配置成基于该反馈和脉冲宽度调制信号的比较来操作该电流路径并且控制电流。

[0012] 根据另一个示例实施例,提供用于控制通过致动器的双向电流的电路。该电路可包括通过该致动器的至少一个正电流路径和至少一个负电流路径。该电路可包括配置成至少部分基于与该致动器关联的反馈来操作该电流路径并且控制电流的控制器。根据本发明的示例实施例,该控制器进一步配置成至少基于该反馈和脉冲宽度调制信号的比较来操作该电流路径并且控制电流。

[0013] 本发明的其他实施例和方面在本文中详细描述并且认为是要求权利的发明的一部分。其他实施例和方面可以参照下列详细说明、附图和权利要求理解。

附图说明

[0014] 现在将参照附表和图,其不是必须按比例绘制,并且其中:

[0015] 图 1 是根据本发明的示例实施例的说明性控制器系统的框图。

[0016] 图 2 是根据本发明的示例实施例的说明性致动器驱动和位置传感器激励电路的框图。

[0017] 图 3 是根据本发明的示例实施例的说明性定位控制系统的框图。

[0018] 图 4 是根据本发明的示例实施例的具有滞后控制的说明性开关伺服致动器电路的电路图。

[0019] 图 5 是根据本发明的示例实施例的说明性双向电流开关电路的电路图。

[0020] 图 6 是根据本发明的示例实施例的说明性 H 桥的电路图。

[0021] 图 7 是根据本发明的示例实施例的正电流开关状态的图表。

[0022] 图 8 是根据本发明的示例实施例的负电流开关状态的图表。

[0023] 图 9 是根据本发明的示例实施例的示例方法的流程图。

[0024] 图 10 是根据本发明的示例实施例的另一个示例方法的流程图。

[0025] 图 11 是根据本发明的示例实施例的另一个示例方法的流程图。

[0026] 图 12 是根据本发明的示例实施例的另一个示例方法的流程图。

[0027] 图 13 是根据本发明的示例实施例的另一个示例方法的流程图。

[0028] 图 14 是根据本发明的示例实施例的另一个示例方法的流程图。

具体实施方式

[0029] 本发明的实施例将在下文参照其中示出本发明的实施例的附图更充分地描述。然而,本发明可采用许多不同的形式体现并且不应该解释为限制于本文阐述的实施例;相反,这些实施例提供为使得本公开将是全面和完整的,并且将充分地传达本发明的范围给本领域内技术人员。相似的号码始终指相似的元件。

[0030] 本发明的某些实施例可通过用开关放大器替换线性输出装置实现散热器的完全或部分排除。根据本发明的示例实施例,开关装置可提供为用于驱动与涡轮机关联的致动器。在某些示例实施例中,开关装置可提供为用于驱动与致动器关联的位置传感器的激励信号。根据示例实施例,提高的效率和减少的热散逸可在开关致动器或激励驱动中实现,因为驱动电路可以代替处于半导通状态而处于“导通”或“关断”状态。与在线性放大器驱动器中的那些相比,热散逸中的减少可排除散热器或实现散热器的尺寸减小。

[0031] 根据本发明的某些示例实施例,开关输出放大器提供为用作伺服致动器。在本发明的某个实施例中,该开关放大器可提供高达并且高于 200mA 的平均电流用于控制伺服致动器。在本发明的某些实施例中,该致动器电流可被反向以使致动器的方向反向。

[0032] 根据本发明的某些示例实施例,开关输出放大器提供为用作位置传感器激励驱动器。在某些实施例中,多个位置传感器可从公用激励驱动器来驱动。在某些实施例中,超过 12 个传感器可以使用单个开关式激励驱动器来提供。

[0033] 根据某些示例实施例,位置传感器可包括解算器、线性可变差分变压器 (LVDT)、线性可变差分磁阻 (LVDR) 装置。在其他示例实施例中,位置传感器可包括旋转可变差分变压器 (RVDT) 或旋转可变差分磁阻 (RVDR) 装置。这样的装置已经证明是可靠的,甚至在与燃气和蒸汽涡轮机关联的严酷环境条件中是可靠的(主要是由于经由可移动芯(其可耦合(直接或间接)于致动器)从激励线圈到一个或多个感测线圈的电磁耦合)。应该理解术语 LVDT 可限定为指任何相似的位置检测器(线性或旋转的)。

[0034] 根据本发明的示例实施例,开关放大器可用于驱动伺服致动器和位置传感器激励线圈。因此,开关放大器的使用可排除关联的散热器、减小成本、减小在电路和面板中散逸的热量,并且减小在面板中和在印刷电路板上占用的空间。

[0035] 根据本发明的某些实施例,一个或多个致动器可通过产生参考信号来控制。基于该参考信号,可产生开关式信号用于操作致动器。在某些示例实施例中,产生该参考信号可包括产生脉冲宽度调制 (PWM) 信号。在某些实施例中,可感测耦合于致动器的该开关式信号的至少一部分并且作为用于进一步控制该参考信号或该开关式信号的反馈而被利用。

[0036] 在某些实施例中,致动器、阀门的位置或叶片位置可通过产生开关式激励信号并且将该激励信号施加于附连或耦合于致动器的 LVDT 或相似装置的激励绕组而确定。激励绕组可将开关式激励信号耦合于 LVDT 装置上的二次(或感测)绕组,其中耦合强度与致动器、阀门的位置或叶片位置成比例。耦合的开关式激励信号可用作凭借伺服系统的致动器的位置控制的第二反馈。根据本发明的示例实施例,参考信号可至少部分基于与开关式激励信号关联的该第二反馈来控制。

[0037] 根据本发明的示例实施例,用开关式驱动信号操作致动器可进一步基于极性信号。在示例实施例中,产生开关式激励信号可包括产生脉冲宽度调制信号。在示例实施例

中,控制参考信号可进一步基于与开关式驱动信号关联的第二反馈。

[0038] 现在将参照附图描述根据本发明的示例实施例的用于高效控制和监测致动器、叶片或阀门位置的各种系统部件。

[0039] 图 1 图示根据本发明的示例实施例的控制器系统 100。该控制器系统 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。根据示例实施例,该控制器 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。与该控制器 102 关联的该存储器 104 可包括操作系统 112 和数据 114。该存储器还可包括一个或多个模块,其被配置、编程或可操作成实行与该控制器 102 关联的过程。在某些示例实施例中,该存储器可包括致动器命令和感测模块 118。在某些示例实施例中,存储器可包括激励驱动和致动器、阀门或叶片位置感测模块 120。

[0040] 根据本发明的示例实施例,图 1 还图示致动器驱动和感测电路 121 与激励驱动和致动器、阀门或叶片位置感测电路 123。根据本发明的示例实施例,该致动器驱动和感测电路 121 可包括开关放大器 124、滤波部件 126、致动器 128、感测和反馈调节电路 130。根据示例实施例,还可包括模数转换器 132。该模数转换器可采用电压控制振荡器 (VCO)、逐步近似寄存器转换器 (SAR)、Delta-Sigma 转换器或闪速转换器的形式。在其他示例实施例中,反馈可转换成数字信号。

[0041] 根据本发明的示例实施例,并且如在图 1 中示出的,位置感测电路 123 可包括开关放大器 124、位置传感器 136 (其可包括 LVDT)、感测和反馈调节电路 140。根据示例实施例,模数转换器 142 也可包括在位置感测电路 123 中。该模数转换器 142 可采用电压控制振荡器 (VCO)、逐步近似寄存器转换器 (SAR)、Delta-Sigma 转换器、闪速转换器等等的形式。

[0042] 根据本发明的示例实施例,致动器 128 可控制用于填充或排空缸体的液压流体或油的流量。该缸体可包括连接到阀门的活塞,并且该阀门可由该缸体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该阀门的电枢。该电枢可将来自激励线圈的激励信号作为该阀门的位置的函数耦合到感测线圈以指示阀门位置。

[0043] 图 2 是根据本发明的示例实施例的说明性致动器驱动和位置传感器激励电路 200 的框图。在示例实施例中,该电路 200 可包括控制器 / 处理器 202。该控制器 / 处理器 202 可提供致动器参考 204 给开关功率放大器 208。根据示例实施例,该致动器参考 204 可以是 DC 命令,或它可以是用以控制该开关功率放大器 208 的脉冲宽度调制信号。

[0044] 在某些示例实施例中,致动器 216 可具有要求双向或单向电流的类型,因此根据本发明的示例实施例,控制器 / 处理器 202 还可提供极性信号 206 给开关功率放大器 208 以控制致动器 216 的方向。

[0045] 根据本发明的示例实施例,开关功率放大器 208 可提供开关式驱动信号 207,其可采用脉冲宽度调制 (PWM) 信号的形式。该 PWM 驱动信号的一个优势是开关功率放大器可产生更少的热量,因为输出开关装置 (例如,晶体管或场效应装置) 处于导通或关断状态。装置的操作 (导通或关断) 趋于最小化装置中电阻类型的发热 (特别当与其中输出装置可在半导通状态操作的线性功率放大器比较时)。

[0046] 根据本发明的示例实施例,开关功率放大器可产生开关式驱动信号 207,其中该信号的 “on 持续时间” 与如由致动器参考信号 204 提供的命令的电流成比例。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 的频率可大约近似 100kHz。在本发明

的其他示例实施例中,开关功率放大器 208 可按开关拓扑要求的那样以更高或更低的频率开关。根据示例实施例,开关式驱动信号 207 可由低通滤波器 209 滤波以产生致动器电流 215。在某些示例实施例中,该低通滤波器 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。可包括其他滤波器部件以保持致动器电流的谐波失真在规定的容差内。例如,该滤波器 209 可要求小于 1% 的总谐波失真,并且如此可要求另外的滤波电容器 214 或电感器 212。

[0047] 根据示例实施例,致动器电流 215 可供应给致动器 216,并且驱动电流 215 可凭借电流感测电阻器 218 或相似的电流感测装置被感测以用于反馈到控制器 / 处理器。其他的示例电流感测装置包括霍耳效应电流传感器或相似的技术。在本发明的示例实施例中,致动器电流 215 中的所有或部分可通过感测电阻器 218 并且可产生该电阻器 218 两端的电压降,其可由反馈电路 220 进一步处理。该反馈电路 220 可包括进一步滤波以去除尖峰或其他高频信息(其对于电路的剩余部分去解释可能是成问题的)。该反馈电路 220 可提供电流反馈信号 221(为了本发明的目的而指示为第二反馈)给模数转换器 222,其可提供数字信号 223 给控制器 / 处理器 202。

[0048] 同样在图 2 中示出的是对应于如在图 1 中示出的激励驱动和位置感测电路 123 的部件框图。根据本发明的示例实施例,控制器 / 处理器 202 可提供激励参考信号 232 用于控制开关功率放大器 230。在示例实施例中,该激励参考信号 232 可以是正弦加权 PWM 信号。在其他示例实施例中,该激励参考信号 232 可以是模拟正弦波信号,其取决于开关功率放大器 230 的配置。根据本发明的示例实施例,开关功率放大器 230 可产生开关式激励信号 228,其可用于驱动在一个或多个位置传感器 226 上的一个或多个激励线圈。该开关式激励信号 228 可耦合于位置传感器 226 中的一个或多个感测线圈并且该耦合的信号 228 的强度可取决于可移动芯 224 在位置传感器 226 内的位置,位置传感器 226 进而可耦合于致动器 216。

[0049] 根据本发明的示例实施例,耦合通过位置传感器 226 的激励信号 228 可进一步由反馈电路 234 处理以产生激励信号反馈 236。根据本发明的示例实施例,该激励信号反馈 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。

[0050] 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近似 7 伏特均方根(RMS)和近似 3.2 千赫兹频率的交流激励信号 228。其他振幅和频率可根据本发明的示例实施例产生。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利用相同的激励信号 228,使得单个开关功率放大器 230 电路可提供该激励信号 228 给多个 LVDT 激励线圈,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 驱动的位置传感器 226 的最大数目可基于从该特定开关功率放大器 230 可获得的最大额定功率输出确定,而不必在电路上安装散热器用于热散逸。

[0051] 图 3 描绘根据本发明的另一个示例实施例的定位伺服控制系统 300。该定位伺服控制系统 300 可包括伺服位置控制器 302。根据本发明的示例实施例,该伺服位置控制器 302 可包括下列中的一个或多个: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。该伺服位置控制器 302 可提供致动器开关式驱动信号用于控制耦合于阀门组件 324 的致动器 318。该致动器 318 还可与一个或多个位置传感器 320、322 耦合。根据本

发明的示例实施例,该伺服位置控制器 302 还可提供开关式激励驱动信号给该位置传感器 320、322。根据本发明的示例实施例,该位置传感器 320、322 可响应于该致动器 318 的位置提供位置反馈给该伺服位置控制器 302。

[0052] 图 4 描绘根据本发明的示例实施例的具有滞后控制的说明性开关伺服致动器电路 400 的示例电路图。不像脉冲宽度调制开关电路(其中开关频率是恒定的但调节“on”持续时间以供应期望的平均电流),该电路 400 可凭借输出驱动器 410 提供“on”和“off”切换,但可调节与命令参考电压 402 成比例的平均输出驱动电流 401,而不必须维持恒定开关频率。根据本发明的示例实施例,该电路 400 可响应于模拟命令参考电压 402 操作,并且输出电流 401 的调整可由模拟反馈环路提供,但输出驱动器 410 部件可被开关(“on”和“off”)以最小化热散逸并且提高效率。

[0053] 根据示例实施例,参考电压 402 可在第一运算放大器 404 的非反相引线上接收,第一运算放大器 404 可经由栅极电阻器 406 提供开关驱动信号给输出驱动器 410 的栅极。根据示例实施例,该输出驱动器 410 可以是金属氧化物场效应晶体管(MOSFET),或另一个相似的开关装置。当该开关装置 410 激活(或导通)时,输出驱动电流 401 可从电源 408 流过该输出驱动器 410 通过感测电阻器 412 并且通过致动器 418 或负载。根据示例实施例,在第二运算放大器 426 周围建立的反馈电路可监测该感测电阻器 412 两端的电压。

[0054] 根据本发明的示例实施例,并且继续参照图 4,反馈环路还可包括滤波电容器 420。第二运算放大器 426 上用于倍增传感电阻器 412 两端的电压的增益可由增益电阻器 414、416、422 和 / 或 424 设置。根据示例实施例,开关伺服致动器电路 400 还可包括反馈延迟电阻器 428 和反馈延迟电容器 440,其可提供调节的反馈信号 403 用于输入到第一运算放大器 404 的反相端子。根据本发明的示例实施例,第一运算放大器 404 可将该调节的反馈信号 403 电压对照参考电压 402 进行比较,并且基于该差异采用将减小该差异到零的方式调节第一运算放大器 404 的占空比。反馈延迟电阻器 428 和反馈延迟电容器 440 可延迟反馈 413,从而引入滞后。所得的输出驱动电流 401 可以是具有叠加在它上面的小三角波形的直流(DC)。该三角波形可以是输出驱动器 410 的开关性质的结果。根据本发明的示例实施例,叠加的三角波的振幅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 可以是近似 1 微法或更大以提供平滑输出驱动电流 401 给负载 418(其可以是致动器)。

[0055] 根据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 两端的电压降的通过致动器 418 的感测驱动电流 401。根据示例实施例,反馈信号 413 可放大并且滤波以产生调节的反馈信号 403。在某些实施例中,驱动电流并且进而反馈信号 413 可通过引入与致动器 418 并联的另外的并联电容 420 来滤波。根据本发明的示例实施例,调节的反馈信号 403 可包括将反馈信号 403 延迟和将反馈信号 403 滤波。在某些实施例中,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节与反馈环路关联的电阻和 / 或电容。在某些实施例中,调节的反馈信号 413 至少部分基于确定通过致动器 418 的驱动电流 401 来确定。

[0056] 在某些实施例中,开关伺服致动器电路 400 可修改为具有双(正和负)供应以提供对输出驱动电流 401 的双向控制。

[0057] 图 5 描绘根据本发明的示例实施例的双向电流开关电路 500。该示例电路 500 可

响应于第一开关控制信号 502 和 / 或第二开关控制信号 520 提供双向电流给负载 512。在示例实施例中,该第一开关控制信号 502 和 / 或第二开关控制信号 520 可包括脉冲宽度调制信号。在示例实施例中,该负载 512 可以是致动器,例如在图 3 中的 318 等。在本发明的示例实施例中,该第一开关控制信号 502 和第二开关控制信号 520 将被协调使得第一开关装置 508 和第二开关装置 526 将不会同时闭合。

[0058] 在示例实施例中,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 可经由正电流路径 534 供应给负载 512。在某些实施例中,第一运算放大器 506 (或比较器,例如) 可用于提供开关逻辑或电流用于控制第一开关装置 508 (取决于到第一运算放大器 506 的输入电压 502、504)。根据示例实施例,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 可流过正电流路径 534,并且经由感测电阻器 510 通过负载 512。在示例实施例中,流过该感测电阻器 510 的电流可引起该感测电阻器 510 两端的电压降,并且该电压降可被测量和用于反馈。例如,在本发明的实施例中,第一电流反馈信号 504 可基于提供给第一差分运算放大器 514 的差分输入端子的电压降。在本发明的示例实施例中,第一差分运算放大器 514 的输出可由例如第一滤波电阻器 516 和第一滤波电容器 518 滤波以产生第一电流反馈信号 504 用于输入到第一运算放大器 506。

[0059] 采用相似设置并且根据本发明的示例实施例,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 可经由负电流路径 536 供应给负载 512。在某些实施例中,第二运算放大器 524 (或比较器,例如) 可用于提供开关逻辑或电流用于控制第二开关装置 526 (取决于到第二运算放大器 524 的输入电压 520、522)。根据示例实施例,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 可流过负电流路径 536,并且经由负载 512 通过感测电阻器 510。在示例实施例中,流过感测电阻器 510 的电流可引起感测电阻器 510 两端的电压降,并且该电压降可被测量和用于反馈。例如,在本发明的实施例中,第二电流反馈信号 522 可基于提供给第二差分运算放大器 528 的差分输入端子的电压降。在本发明的示例实施例中,第二差分运算放大器 528 的输出可由例如第二滤波电阻器 530 和第二滤波电容器 532 滤波以产生第二电流反馈信号 522 用于输入到第二运算放大器 524。

[0060] 在某些实施例中,负载 512 可包括另外的滤波部件,其包括例如电容器、电感器、电阻器等无源部件。在某些实施例中,负载 512 可包括有源滤波部件。根据本发明的示例实施例,双向电流开关电路 500 可用于控制致动器中致动的极性 (或方向)。在本发明的示例实施例中,第一开关控制信号 502 和 / 或第二开关控制信号可包括脉冲宽度调制 (PWM) 信号,其可用于控制致动器的速度或力量。根据示例实施例,正电流路径 534 和负电流路径 536 可设置为互斥的以避免使正电压电源 509 与负电压电源 527 短接。

[0061] 在本发明的某个实施例中并且参照图 5 的双电源配置,操作一个或多个开关装置 508、526 以建立至少一个正电流路径 534 和 / 或至少一个负电流路径 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避免使电源 509、527 短路。根据本发明的示例实施例,两个或更多开关装置 508、526 可用于控制通过致动器负载 512 的电流,并且在该致动器的操作期间,开关 508、526 中的至少一个可处于开路状态以避免使电源 509、527 短路。本发明的某些实施例可包括控制器,其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 可开关地控制电流 538、540。根据示例实施例,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冲宽度调制控制驱动电流 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 可开关地控制电流 538、540。在示例实施例中,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冲宽度调制控制驱动电流 538、540。

[0062] 根据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路径 534、620 或至少一个负电流路径 536、622 关联的至少一个开关 508、526、610、612、614、616 控制。在某些实施例中,电流 538、540、617、619 可使用脉冲宽度调制来控制。在示例实施例中,一个或多个装置 508、526、610、612、614、616 可操作成建立至少一个正电流路径 534、620 和至少一个负电流路径 536、622,使得电流路径互斥。在某些实施例中,互斥的电流路径 534、536 :620、622 可由致动器 512、618 完成。根据示例实施例,两个或更多开关装置 508、526、610、612、614、616,这样的金属氧化物半导体场效应晶体管(MOSFET)可用于控制双向电流。根据本发明的其他示例实施例,其他各种半导体和/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,可包括续流二极管、电容器、电感器和其他部件并且其可与开关装置关联。

[0063] 根据本发明的示例实施例,并且参照图 6,正和/或负电流 617、619 可通过协调采用 H 桥配置的至少四个开关 610、612、614、616 来控制使得该四个开关中的至少两个处于开路状态,并且另外两个开关中的至少一个至少部分基于脉冲宽度调制来控制电流。根据本发明的某些实施例,正电流路径 620 可包括第一开关装置 610 和第四开关装置 616,并且负电流路径 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 或第四开关装置 616 控制正驱动电流 619。在某些实施例中,该控制器可进一步配置成通过控制第二开关装置 614 或第三开关装置 612 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 的导通状态是互斥的,并且第二开关装置 614 和第四开关装置 616 的导通状态是互斥的。

[0064] 本发明的某些实施例可包括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 可开关地控制电流 617、619 的控制器。在本发明的示例实施例中,该四个开关装置 610、612、614、616 中的至少两个可以是开路状态,并且剩下的两个开关装置中的至少一个可操作成至少部分基于脉冲宽度调制来控制驱动电流 617、619。在某些实施例中,电流可流过正电流路径 620,其可包括第一开关装置 610 和第四开关装置 616。在某些实施例中,电流可流过负电流路径 622,其可包括第二开关装置 614 和第三开关装置 612。

[0065] 发明的实施例提供正电流路径 620,其可包括第一开关装置 610 和第四开关装置 616。本发明的实施例可包括负电流路径 622,其可包括第二开关装置 614 和第三开关装置 612。根据示例实施例,控制器可配置成通过控制第一开关装置 610 或第四开关装置 616 来控制正驱动电流 619。根据示例实施例,控制器可配置成通过控制第二开关装置 614 或第三开关装置 612 来控制负驱动电流 617。根据本发明的示例实施例,第一开关装置 610 和第三开关装置 612 的导通状态是互斥的,并且第二开关装置 614 和第四开关装置 616 的导通状态是互斥的。

[0066] 图 6 描绘根据本发明的示例实施例的说明性 H 桥的电路图。根据本发明的示例实

施例,电压源 602 可用于凭借第一开关装置 610、第二开关装置 612、第三开关装置 614 和 / 或第四开关装置 616 的组合供应电流通过负载 618(其可以是致动器,例如如在图 3 的 318 中)。根据本发明的示例实施例,第一开关装置 610 的状态可由第一开关驱动信号 604 控制并且第三开关装置 614 的状态可由第二开关驱动信号 606 控制。根据本发明的示例实施例,第三开关装置 612 和第四开关装置 616 的状态可由方向 / 极性信号 608 和反相器 609 控制。该极性控制信号 608 和反相器 609 可施加于第一和第二开关装置 (610、614),而驱动信号 (604、606) 可施加于第三和第四开关装置 (612、616),这应该是显而易见的。从而,根据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 的状态可由方向 / 极性信号 (例如 608 等) 和反相器 (例如 609 等) 控制。因此,在相关示例实施例中,第三开关装置 612 可由驱动信号 (例如 604 等) 控制。同样地,开关装置 616 可反而由驱动信号 (例如 606 等) 控制。在本发明的其他示例实施例中,单独的个体开关驱动信号可用于控制开关装置 (610、612、614、616) 中的每个。

[0067] 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,可进行测量以保证第三开关装置 612 决不与第一开关装置 610 同时导通,并且相似地,第二开关装置 614 和第四开关装置 616 不应该同时处于导通状态。

[0068] 图 6 描绘 H 桥电路拓扑,其在某些实施例中可利用 PWM 开关概念 (如上文参照图 5 论述的) 以实现致动器的双向控制。该 PWM 控制实施例的另外说明将在下文参照图 7 和 8 论述。根据示例实施例,图 6 的 H 桥电路拓扑还可利用滞后开关概念,如上文参照图 4 论述的。例如,在图 6 中第一开关装置 610 和第二开关装置 614 可包括图 4 的部件中的所有中的一些,其中图 6 的开关装置 610、614 对应于图 4 的输出驱动器 410。将该概念联系到图 2,图 2 的方向 / 极性控制 206 可对应于图 6 的方向 / 极性信号 608,这应该是显而易见的。该 H 桥电路拓扑还可应用于其他滞后控制和脉冲宽度调制开关装置和电路,如之前根据本发明的实施例参照图 2 和 3 论述的。

[0069] 根据示例实施例,仅 Q 的脉冲宽度调制 (PWM) 控制可用于控制用于驱动致动器 618 的电流,如在图 6 中。根据示例实施例,正电流 619 可通过闭合第四开关装置 616 以指示电流极性而被控制通过致动器 618。正电流 619 的大小可凭借第一开关装置 610 来控制。在示例实施例中,正电流 619 可通过作为如在图 7 中示出的仅 Q 的 PWM 的函数导通和关断第一开关装置 610 来控制。在本发明的示例实施例中,当正命令正电流 619 时第二开关装置 614 和第三开关装置 612 可一直保持在开路状态。

[0070] 相似的方式可用于控制通过致动器 618 的负电流 617。例如,并且根据示例实施例,第三开关装置 612 可保持闭合以指示电流极性同时第二开关装置 614 凭借仅 nQ 的 PWM (如在图 8 中示出) 导通和关断以控制负电流 617 的大小。在本发明的示例实施例中,当正命令负电流 617 时第一开关装置 610 和第四开关装置 616 可一直保持在开路状态。

[0071] 参照图 5 并且根据示例实施例,仅 Q 的 PWM 控制 (如在图 7 中描绘的) 可用于导通和关断开关装置 508 以控制正电流 538 通过致动器 512。在该实施例中,在建立正电流路径 534 情况下,开关装置 540 可保持在开路状态。

[0072] 同样地在图 5 中,对于负电流路径 536 并且根据示例实施例,仅 nQ 的 PWM (如在图 8 中描绘的) 可用于导通和关断开关装置 526 以控制负电流 540。对于该示例实施例,开关

装置 508 可保持在开路状态。

[0073] 根据本发明的示例实施例,通过致动器 618 的双向驱动电流 617、619 可包括操作和 / 或协调一个或多个装置 610、612、614、616 以建立通过致动器 618 的至少一个正电流路径 620 和至少一个负电流路径 622。根据示例实施例,可提供至少基于与致动器 618 关联的电流 617、619 的反馈 (例如在图 4 中的 403 等),并且通过致动器 618 的电流 617、619 可至少部分基于反馈 (例如在图 4 中的 403 等) 控制。根据本发明的示例实施例,致动器电流 617、619 可基于反馈 (例如在图 4 中的 403 等) 和参考信号 (例如在图 4 中的 402 等) 的比较来控制。在某些实施例中,控制电流 617、619 可进一步包括协调至少四个开关装置 610、612、614、616,其中该四个开关装置中的至少两个处于开路状态,并且其他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路径 620 或至少一个负电流路径 622 关联的至少一个开关来控制。在本发明的某些实施例中,一个或多个装置 610、612、614、616 可被操作成建立至少一个正电流路径 620 和至少一个负电流路径 622。在示例实施例中,两个互斥的电流路径可与致动器 618 桥接。根据本发明的某些示例实施例,控制电流 617、619 可通过使用滞后控制 (例如在图 4 中描绘的等) 实现。

[0074] 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。该系统可包括致动器 618、电压源 602、通过该致动器 618 的至少一个正电流路径 620 和至少一个负电流路径 622,和控制器 (例如在图 1 中的 102 等),其配置成至少部分基于与该致动器 618 关联的反馈 (例如在图 4 中的 403 等) 操作电流路径 620、622 并且控制电流 617、619。在某些实施例中,该控制器 (例如在图 1 中的 102 等) 进一步配置成基于反馈 (例如在图 4 中的 403 等) 和参考信号 (例如在图 4 中的 402 等) 的比较来操作电流路径 620、622 并且控制电流 617、619。在某些示例实施例中,正电流路径 620 包括第一开关装置 610 和第四开关装置 616,并且负电流路径 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,该控制器 (例如在图 1 中的 102 等) 进一步配置成通过控制第一开关装置 610 或第四开关装置 616 来控制正驱动电流 619,并且该控制器 (例如在图 1 中的 102 等) 进一步配置成通过控制第二开关装置 614 或第三开关装置 612 来控制负驱动电流 617。

[0075] 根据某些示例实施例,该控制器 (例如在图 1 中的 102 等) 进一步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 的导通状态是互斥的,并且第二开关装置 614 和第四开关装置 616 的导通状态是互斥的。在某些示例实施例中,该控制器 (例如在图 1 中的 102 等) 进一步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 可开关地控制电流 617、619。根据示例实施例,该四个开关装置 610、612、614、616 中的至少两个处于开路状态,并且剩下的两个开关装置中的至少一个可操作成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,该控制器 102 进一步配置成至少部分基于滞后控制 (例如在图 4 中描绘的等) 控制电流 617、619。

[0076] 根据示例实施例,如上文参照图 4 论述的滞后控制可用于控制用于驱动致动器 618 的电流。例如正电流 619 可通过闭合第四开关装置 616 以指示电流极性来控制。正电流 619 的大小可凭借第一开关装置 610 来控制。在示例实施例中,正电流 619 可通过作为滞后控制环路动作的函数导通和关断第一开关装置 610 来控制,如上文参照图 4 论述的。在

本发明的示例实施例中,当正电流 619 正由滞后控制环路命令时第二开关装置 614 和第三开关装置 612 可一直保持在开路状态。

[0077] 相似的方式可用于控制通过致动器 618 的负电流 617。例如,并且根据示例实施例,第三开关装置 612 可保持闭合以指示电流极性同时第二开关装置 614 凭借滞后控制环路动作导通和关断以控制负电流 617 的大小。在本发明的示例实施例中,当正命令负电流 617 时第一开关装置 610 和第四开关装置 616 可一直保持在开路状态。

[0078] 根据某些示例实施例,并且继续参照图 6,提供用于控制通过致动器 618 的双向驱动电流 617、619 的电路。该电路可包括通过该致动器 618 的至少一个正电流路径 620 和至少一个负电流路径 622,和控制器(例如在图 1 中的 102 等),其配置成至少部分基于与该致动器 618 关联的反馈(例如在图 4 中的 403 等)操作电流路径 620、622 并且控制电流 617、619。根据示例实施例,该控制器(例如在图 1 中的 102 等)可进一步配置成基于反馈和参考信号的比较来操作电流路径 620、622 并且控制电流 617、619。在某些示例实施例中,正电流路径 620 可包括第一开关装置 610 和第四开关装置 616,并且负电流路径 622 可包括第二开关装置 614 和第三开关装置 612。

[0079] 根据某些示例实施例,控制器(例如在图 1 中的 102 等)可进一步配置成通过控制第一开关装置 610 或第四开关装置 616 来控制正驱动电流 619,并且该控制器可进一步配置成通过控制第二开关装置 614 或第三开关装置 612 来控制负驱动电流 617。在某些示例实施例中,控制器(例如在图 1 中的 102 等)可进一步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 的导通状态是互斥的,并且第二开关装置 614 和第四开关装置 616 的导通状态是互斥的。根据本发明的某些实施例,控制器 102 可进一步配置成通过协调开关装置 610、612、614、616 控制驱动电流 617、619,四个开关装置 610、612、614、616 中的至少两个处于开路状态,并且其他两个开关装置中的至少一个可操作成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。

[0080] 图 7 和图 8 分别描绘根据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 的示例时序图。这些时序图的示例实施例可应用于本发明的仅 Q 的脉冲宽度调制(PWM)控制实施例。根据本发明的实施例,这些示例时序图可应用于上文关于图 5 的致动器双向电流开关电路 500 和/或图 6 的 H 桥电路 600 论述的实施例。这些图代表作为时间的函数的串联的两个开关装置的开关状态(ON 或 OFF)。指示的开关状态可提供可配置的导通路径给致动器(例如在图 3 中的 318 等)以控制极性和平均驱动电流,其可进而用于控制相应致动方向,并且控制致动器的速度或力量。

[0081] 根据示例实施例并且如在图 7 中指示的,开关装置可根据仅 Q 的 PWM 开关装置状态来控制。例如,第一开关装置(例如在如图 6 中的 620 等的 H 桥的一个分支中的 610 等,或在图 5 的第一开关 508 中)可根据作为时间的函数的第一开关状态 702 来控制。图 7 还指示第二开关装置(例如在如图 6 中的 620 等的 H 桥的相同臂中的 616 等)的开关装置状态 704。根据示例实施例,当在一个方向上驱动致动器时该第二开关装置状态 704 可以是稳定的“ON”,并且因此,该特征区别开本发明与常规 PWM 开关,其中第二开关装置采用典型 PWM 来开关。

[0082] 根据本发明的示例实施例,第一开关装置状态 702 的占空比可按需要调节以提供

通过致动器的期望平均电流。根据本发明的示例实施例,当开关装置配置成路由正电流(例如在图6中的619等)通过致动器(例如图6中经由例如610和616等开关装置的618等)时,在H桥的另一个分支中的开关装置(例如,图6中的614和612等)可处于开路状态以避免短接电源。

[0083] 图8指示仅nQ的PWM负电流开关状态800的相似示例时序图。根据示例实施例,第一(负电流)开关装置(例如在如图6中的622等的H桥的一个分支中的614等,或在图5的第二开关装置526中)可根据作为时间的函数的第一负开关状态804来控制。图8还指示第二(负电流)开关装置(例如在如图6中的622等的H桥的相同臂中的612等)的第二负开关装置状态802。根据示例实施例,当在一个方向上驱动致动器时该第二开关装置状态802可以是稳定的“ON”,并且因此,该特征区别开本发明与常规PWM开关,其中第二开关装置采用典型PWM来开关。

[0084] 根据本发明的示例实施例,第一负开关装置状态804的占空比可按需要调节以提供通过致动器的期望平均电流。根据本发明的示例实施例,当开关装置配置成路由负电流(例如在图6中的617等)通过致动器(例如图6中经由例如612和614等开关装置的618等)时,在H桥的另一个分支中的开关装置(例如,图6中的610和616等)可处于开路状态以避免短接电源。

[0085] 用于控制致动器的示例方法900现在将参照图9的流程图描述。该方法在框902中开始,其中根据本发明的示例实施例,产生参考信号。在框904中并且根据本发明的示例实施例,致动器至少部分基于该参考信号用开关式驱动信号来操作。在框906中并且根据示例实施例,产生开关式激励信号。在框908中并且根据示例实施例,该参考至少部分基于与该开关式激励信号关联的反馈来控制。该方法900在框908后结束。

[0086] 用于控制致动器驱动电流的示例方法1000现在将参照图10的流程图描述。该方法在框1002中开始,其中根据本发明的示例实施例,该方法可包括接收参考信号。在框1004中,该方法可包括至少部分基于驱动电流确定反馈信号。在框1006中,该方法可包括至少部分基于该反馈信号确定调节的反馈信号。在框1008中,该方法可包括比较该参考信号与该调节的反馈信号。在框1010中,该方法可包括基于该参考信号和该调节的反馈信号的比较来控制驱动电流。该方法1000在框1010后结束。

[0087] 用于控制通过致动器的双向驱动电流的示例方法1100现在将参照图11的流程图描述。该方法在框1101中开始,其中根据本发明的示例实施例,该方法可包括接收方向控制信号。在框1102中,该方法可包括至少部分基于该方向控制来操作一个或多个装置以建立通过致动器的至少一个可开关的正电流路径和至少一个可开关的负电流路径。在框1104中,该方法可包括至少基于与该致动器关联的电流来提供反馈。并且在框1106中,该方法可包括至少部分基于该反馈来控制该电流。该方法1100在框1106后结束。

[0088] 用于控制致动器驱动电流的示例方法1200现在将参照图12的流程图描述。该方法在框1201中开始,其中根据本发明的示例实施例,该方法可包括接收方向控制信号。在框1202中,该方法可包括至少部分基于该方向控制信号来操作一个或多个装置以建立通过致动器的至少一个可开关的正电流路径和至少一个可开关的负电流路径。在框1204中并且根据本发明的示例实施例,该方法可包括至少基于与该致动器关联的电流来提供反馈。并且在框1206中,该方法可包括至少部分基于该反馈或基于该反馈与脉冲宽度调制信

号的比较来控制该电流。该方法 1200 在框 1206 后结束。

[0089] 用于控制通过致动器的双向驱动电流的示例方法 1300 现在将参照图 13 的流程图描述。该方法在框 1302 中开始,其中根据本发明的示例实施例,该方法可包括接收参考信号。在框 1304 中,该方法可包括至少基于与该致动器关联的电流确定反馈信号。在框 1306 中,该方法可包括基于该参考信号和调节的反馈信号的比较控制驱动电流。在框 1308 中,该方法可包括凭借滞后控制操作一个或多个装置以建立通过致动器的至少一个正电流路径和至少一个负电流路径。该方法 1300 在框 1308 后结束。

[0090] 用于控制通过致动器的双向驱动电流的示例方法 1400 现在将参照图 14 的流程图描述。该方法在框 1402 中开始,其中根据本发明的示例实施例,该方法可包括接收参考信号。在框 1404 中,该方法可包括至少基于与该致动器关联的电流确定反馈信号。在框 1406 中,该方法可包括基于该参考信号和调节的反馈信号的比较控制驱动电流。在框 1408 中,该方法可包括凭借脉冲宽度调制控制操作一个或多个装置以建立通过致动器的至少一个正电流路径和至少一个负电流路径。该方法 1400 在框 1408 后结束。

[0091] 因此,本发明的示例实施例可以提供形成提供具有增加的效率的伺服致动器控制的某些系统、方法和设备的技术效果。本发明的示例实施例可以提供进一步的技术效果:提供用于减少由伺服致动器驱动器或激励信号驱动器产生的热量的系统、方法和设备。本发明的示例实施例可以提供进一步的技术效果:提供用于排除散热器或减小在常规伺服致动器驱动器中要求的散热器的大小的系统、方法和设备。本发明的示例实施例可以提供进一步的技术效果:提供用于减小与伺服致动器和它们的驱动电子设备关联的电路、电路板和/或面板的大小或占用空间的系统、方法和设备。

[0092] 在本发明的示例实施例中,控制器系统 100、致动器驱动和位置传感器激励电路 200 和/或定位控制系统 300 可包括任何数量的软件应用程序,其被执行以便于操作中的任何操作。

[0093] 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、致动器驱动和位置传感器激励电路 200 和/或定位控制系统 300 与一个或多个输入/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/或一个或多个用户界面装置(例如显示器、键盘、小键盘、鼠标、控制面板、触摸屏显示器、麦克风等)可便于与控制器系统 100、致动器驱动和位置传感器激励电路 200 和/或定位控制系统 300 的用户交互。该一个或多个 I/O 接口可用于从许多种输入装置接收或收集数据和/或用户指令。接收的数据可如在本发明的各种实施例中期望的那样由一个或多个计算机处理器处理和/或存储在一个或多个存储器装置中。

[0094] 一个或多个网络接口可便于控制器系统 100、致动器驱动和位置传感器激励电路 200 和/或定位控制系统 300 输入和输出到一个或多个适合的网络的连接和/或多个连接;这样的连接例如是便于与关联于系统的任何数量的传感器通信的连接。该一个或多个网络接口可进一步便于到一个或多个适合的网络的连接;这样的网络例如是局域网、广域网、互联网、蜂窝网络、射频网络、支持 Bluetooth™ 的网络、支持 Wi-Fi™ 的网络、基于卫星的网络、任何有线网络、任何无线网络等,以用于与外部装置和/或系统通信。

[0095] 如期望的,本发明的实施例可包括控制器系统 100、致动器驱动和位置传感器激励电路 200 和/或定位控制系统 300,其具有在图 1、2 和 3 中图示的差不多的部件。

[0096] 本发明在上文中参照根据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。将理解框图和流程图中的一个或多个框以及在框图和流程图中的框的组合分别可以由计算机可执行程序指令实现。同样,根据本发明的一些实施例,框图和流程图的一些框可能不一定需要采用提供的顺序执行,或可能根本不必需要执行。

[0097] 这些计算机可执行程序指令可装载到通用计算机、专用计算机、处理器或其他可编程数据处理设备上以产生特定的机器,使得在计算机、处理器或其他可编程的数据处理设备执行的指令形成用于实现在流程图框或多个框中规定的一个或多个功能的装置。这些计算机程序指令还可存储在计算机可读存储器中,其可以指导计算机或其他可编程数据处理设备采用特定的方式工作,使得存储在计算机可读存储器中的指令产生一种制品,其包括实现流程图框或多个框中规定的一个或多个功能的指令装置。作为示例,本发明的实施例可提供计算机程序产品,其包括具有计算机可读程序代码或包含于其中的程序指令的计算机可用介质,所述计算机可读程序代码适应于被执行以实现流程图框或多个框中规定的一个或多个功能。计算机程序指令还可装载到计算机或其他可编程数据处理设备上以使将在计算机或其他可编程设备上执行的一系列操作单元或步骤以产生计算机实现的过程,使得在计算机或其他可编程设备上执行的指令提供用于实现流程图框或多个框中规定的功能的单元或步骤。

[0098] 因此,框图和流程图的框支持用于执行规定功能的装置的组合、用于执行规定功能的单元或步骤和用于执行规定功能的程序指令装置的组合。还将理解框图和流程图的每个框以及在框图和流程图中的框的组合可以由执行规定功能、单元或步骤的专用的基于硬件的计算机系统或专用硬件和计算机指令的组合实现。

[0099] 尽管本发明已经连同目前认为是最实用的和各种实施例描述,要理解本发明不限于公开的实施例,而相反,本发明意在涵盖包括在附上的权利要求的范围内的各种修改和等同设置。尽管本文采用特定术语,它们仅在一般和说明意义上使用并且不是为了限制的目的。

[0100] 该书面说明使用示例以公开本发明,其包括最佳模式,并且还使本领域内技术人员能够实践本发明,包括制作和使用任何装置或系统和执行任何包含的方法。本发明的专利范围在权利要求中限定,并且可包括本领域内技术人员想到的其他示例。这样的其他示例如果它们具有不与权利要求的书面语言不同的结构元件,或者如果它们包括与权利要求的书面语言无实质区别的等同结构元件则规定在权利要求的范围内。

[0101] 部件列表

[0102]

100	控制器系统	102	控制器
104	存储器	106	处理器
108	输入/输出接口	110	网络接口
112	操作系统	114	数据
118	致动器命令和感测模块	121	致动器驱动和感测电路
120	激励驱动和致动器位置感测模块		
123	激励驱动和致动器位置感测电路		
124	致动器开关放大器	126	滤波
128	致动器	130	感测和反馈调节
140	感测和反馈调节	134	激励驱动开关放大器
132	模数转换器（可以是电压控制振荡器）		
136	位置传感器（LVTD/RVDT）		
142	模数转换器（可以是电压控制振荡器）		
200	致动器驱动和位置传感器激励电路		
202	控制器/处理器	206	极性信号
208	开关功率放大器	207	开关式驱动信号
210	第一滤波电感器	209	滤波器
214	滤波电容器	212	第二滤波电感器

[0103]

216	致动器	215	致动器电流
220	反馈电路	218	电流感测电阻器
222	A/D 转换器	221	电流反馈 (第二反馈)
224	位置传感器可移动芯	223	数字信号
226	位置传感器 (LVDT/RVDT)		
204	致动器参考或脉冲宽度调制信号		
228	开关式激励信号	230	开关功率放大器
232	激励参考信号	234	反馈电路
236	激励信号反馈	240	A/D 转换器
241	数字信号	300	定位控制系统
302	伺服位置控制	308	位置传感器反馈调节
304	数字伺服位置调整器 (微处理器)		
306	模数转换器	312	致动器的电流驱动器
310	电流调整器	316	激励驱动器
314	激励控制	320	位置传感器 1 (LVDT1)
318	致动器	324	阀门组件
322	位置传感器 2 (LVDT2)	401	输出驱动器电流
402	参考信号	403	调节的反馈信号
404	第一运算放大器	406	输出驱动器栅极电阻器
408	电源	412	感测电阻器
410	电流控制装置 (输出驱动器 (可以是 MOSFET 或相似的))		
400	具有滞后控制的开关伺服致动器电路		
413	反馈信号驱动电流感测信号	414	第一反馈电阻器
418	负载	416	第二反馈电阻器
422	偏置电阻器	420	滤波电容器
428	反馈延迟电阻器	424	增益电阻器
432	接地	430	反馈延迟电容器

[0104]

504	第一电流反馈信号	500	双向电流开关电路
502	第一开关控制信号 (PWM 参考信号)		
520	第二开关控制信号 (PWM 参考信号)		
506	第一运算放大器	508	第一开关装置
509	Vcc (正电压电源)	510	感测电阻器
511	接地	512	负载和滤波器
514	第一差分放大器	516	第一滤波电阻器
518	第一滤波电容器		
522	第二电流反馈信号	524	第二运算放大器
526	第二开关装置	527	-Vee (负电压电源)
528	第二差分放大器	530	第二滤波电阻器
532	第二滤波电容器	534	正电流路径
536	负电流路径	538	正电流
540	负电流	600	H 桥
602	电源	604	第一开关驱动信号
606	第二开关驱动信号	608	方向/极性信号
609	反相器	610	第一开关装置
612	第三开关装置	614	第二开关装置
616	第四开关装置	617	负驱动电流
618	负载	619	正驱动电流
620	正电流路径	622	负电流路径
700	正电流开关状态	702	第一开关装置状态
704	第二开关装置状态 (稳定 on)		
706	常规 H 桥臂第二开关装置状态 (用于比较)		
802	第二负开关装置状态 (稳定 on)		
806	常规 H 桥臂第二开关装置状态 (用于比较)		
800	负电流开关状态	804	第一负开关装置状态

[0105]

900	方法	902	框
904	框	906	框
908	框	910	框
1000	方法	1002	框
1004	框	1006	框
1008	框	1010	框
1100	方法	1102	框
1104	框	1106	框
1108	框	1200	方法
1202	框	1204	框
1206	框	1208	框

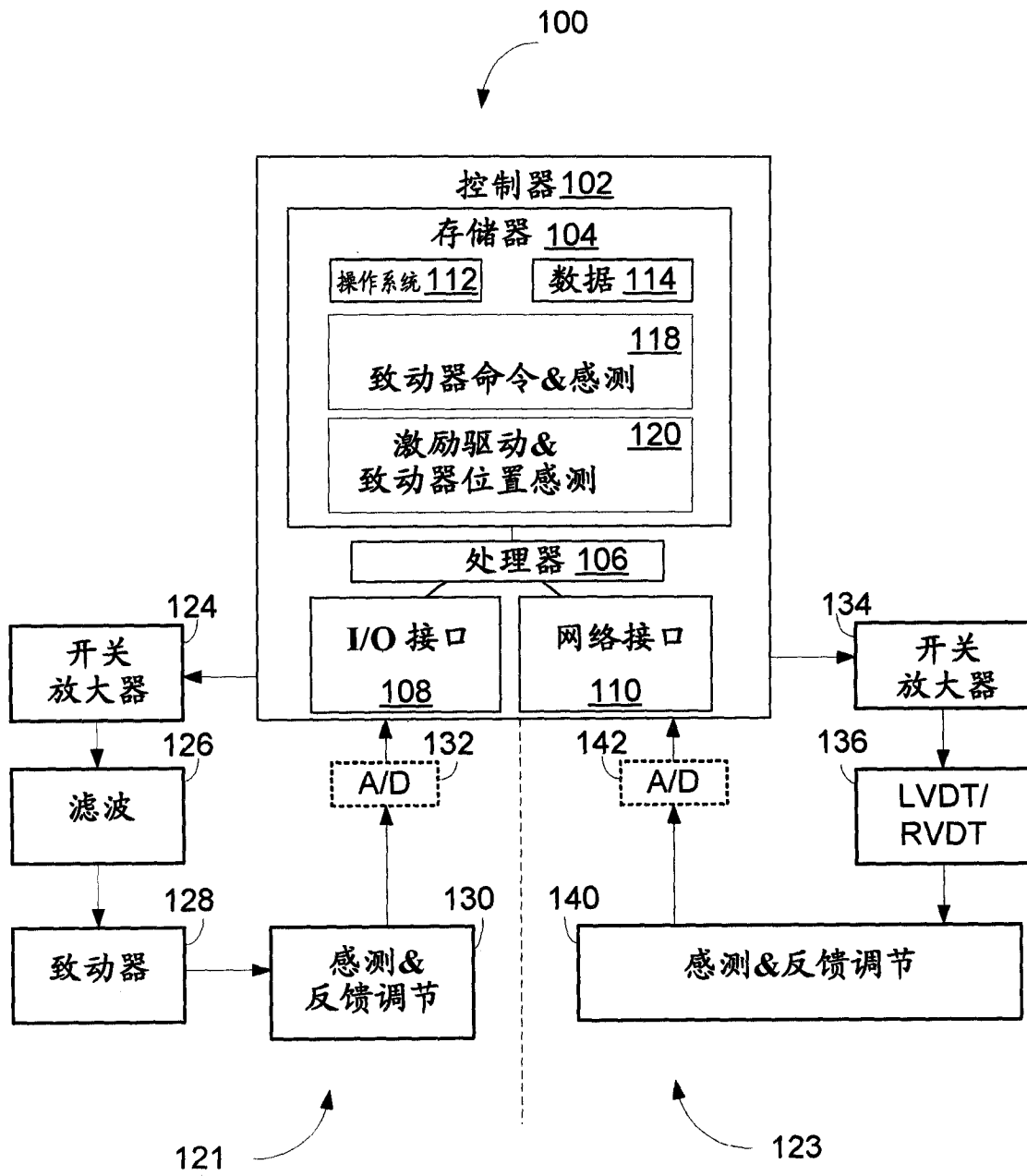


图 1

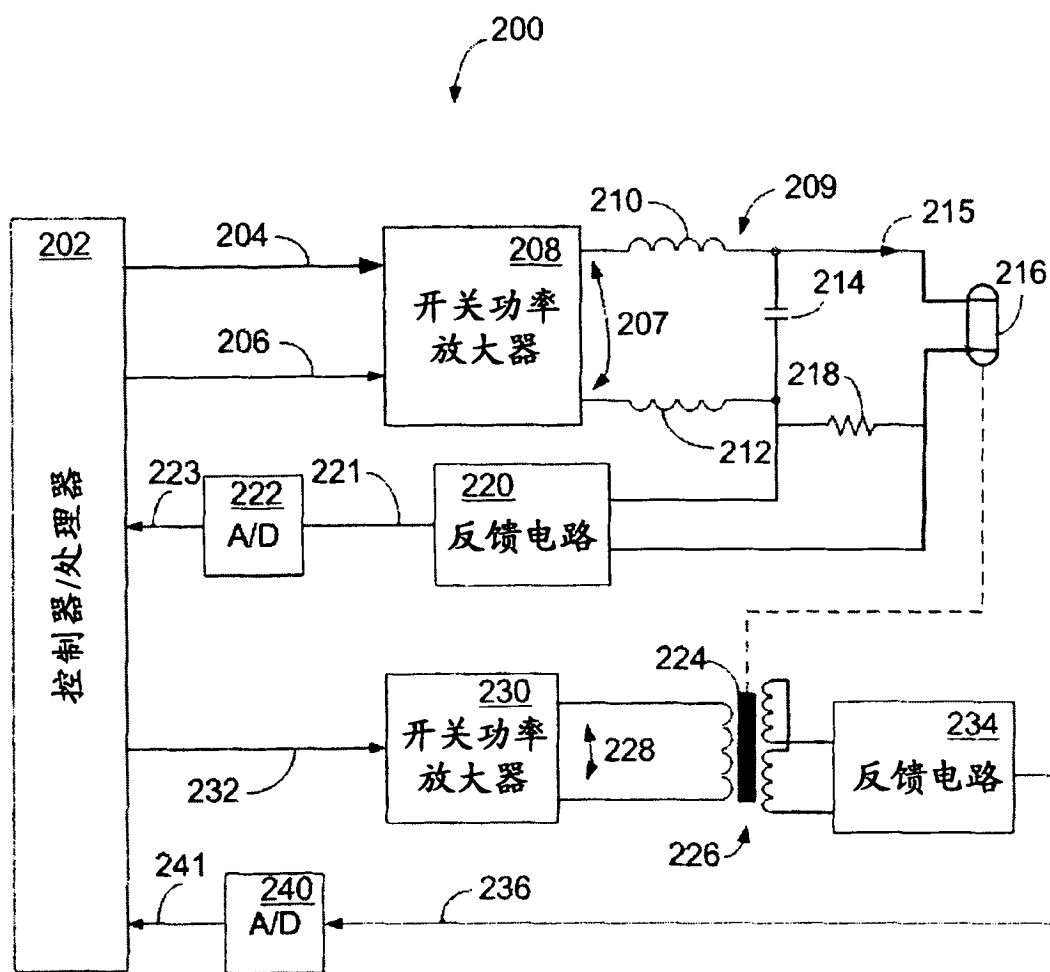


图 2

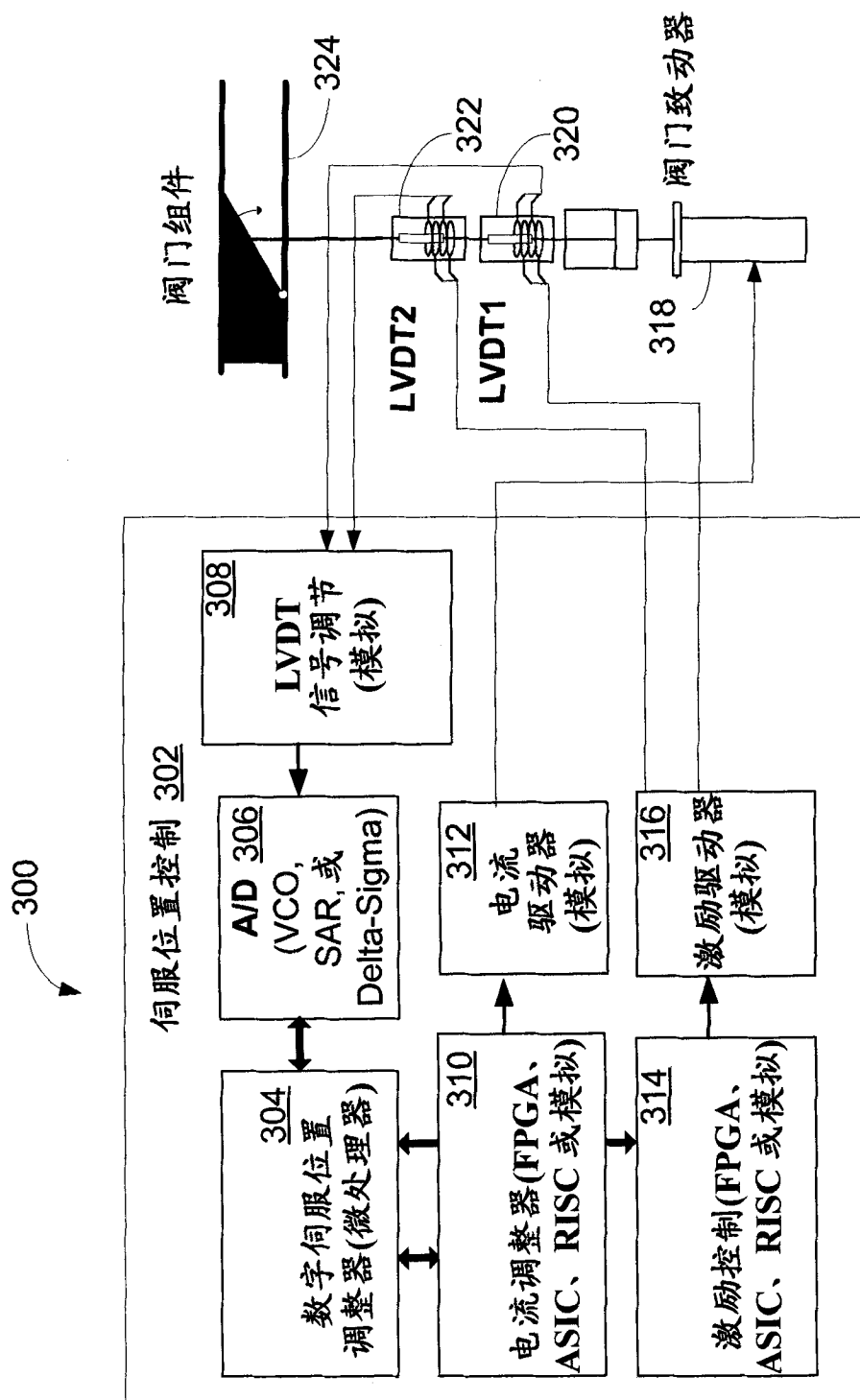


图 3

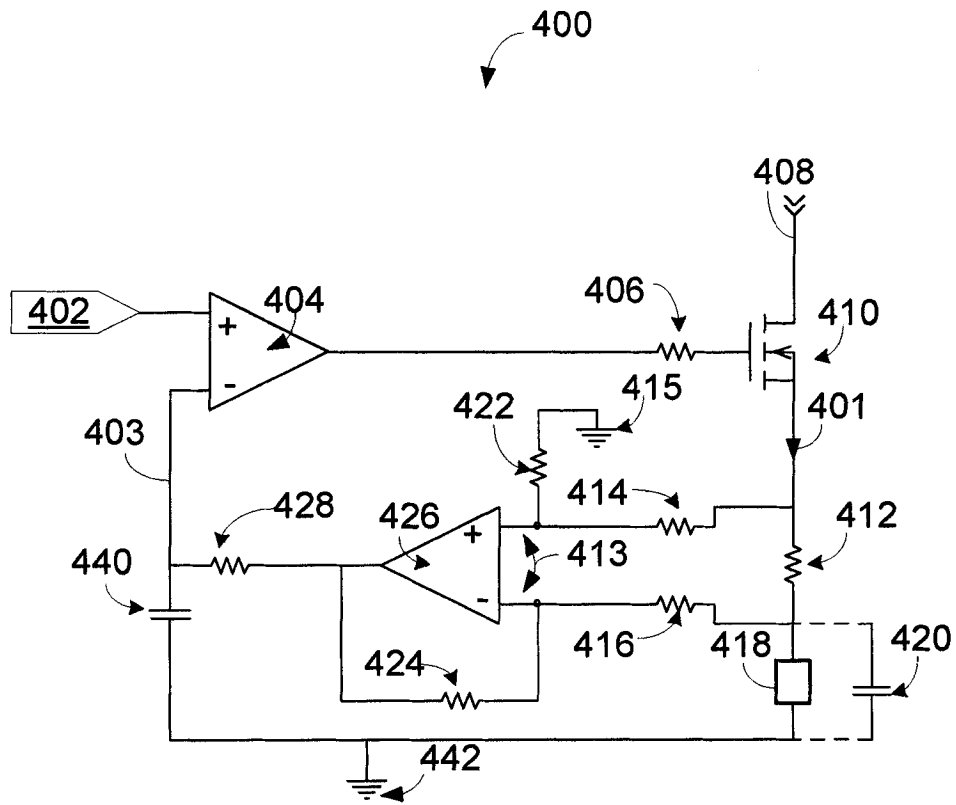


图 4

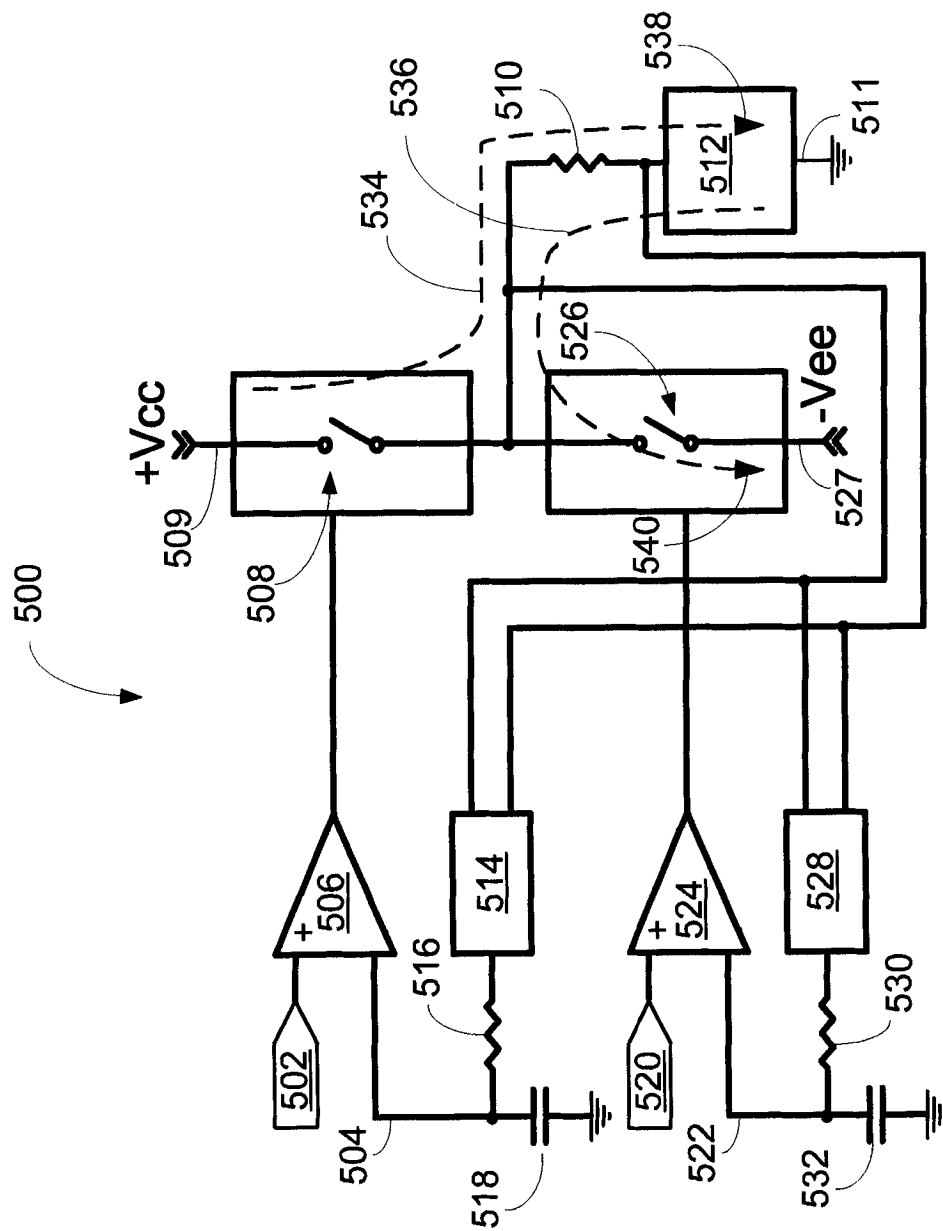


图 5

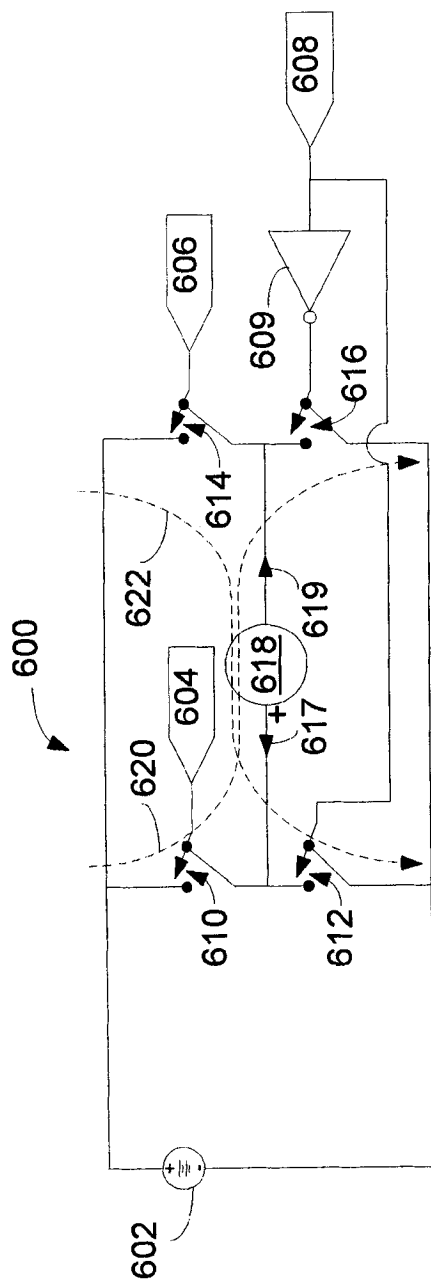


图 6

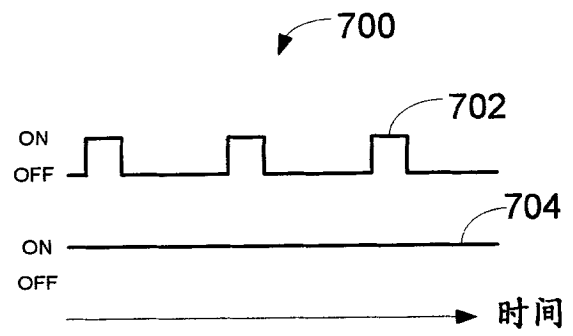


图 7

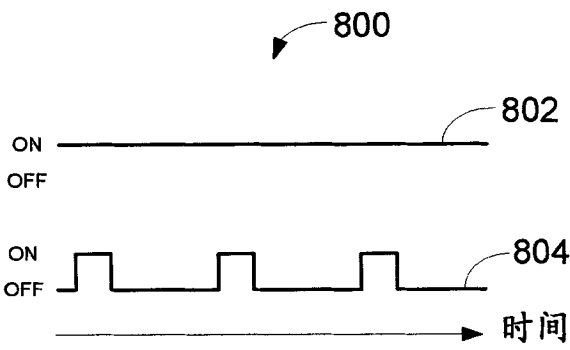


图 8

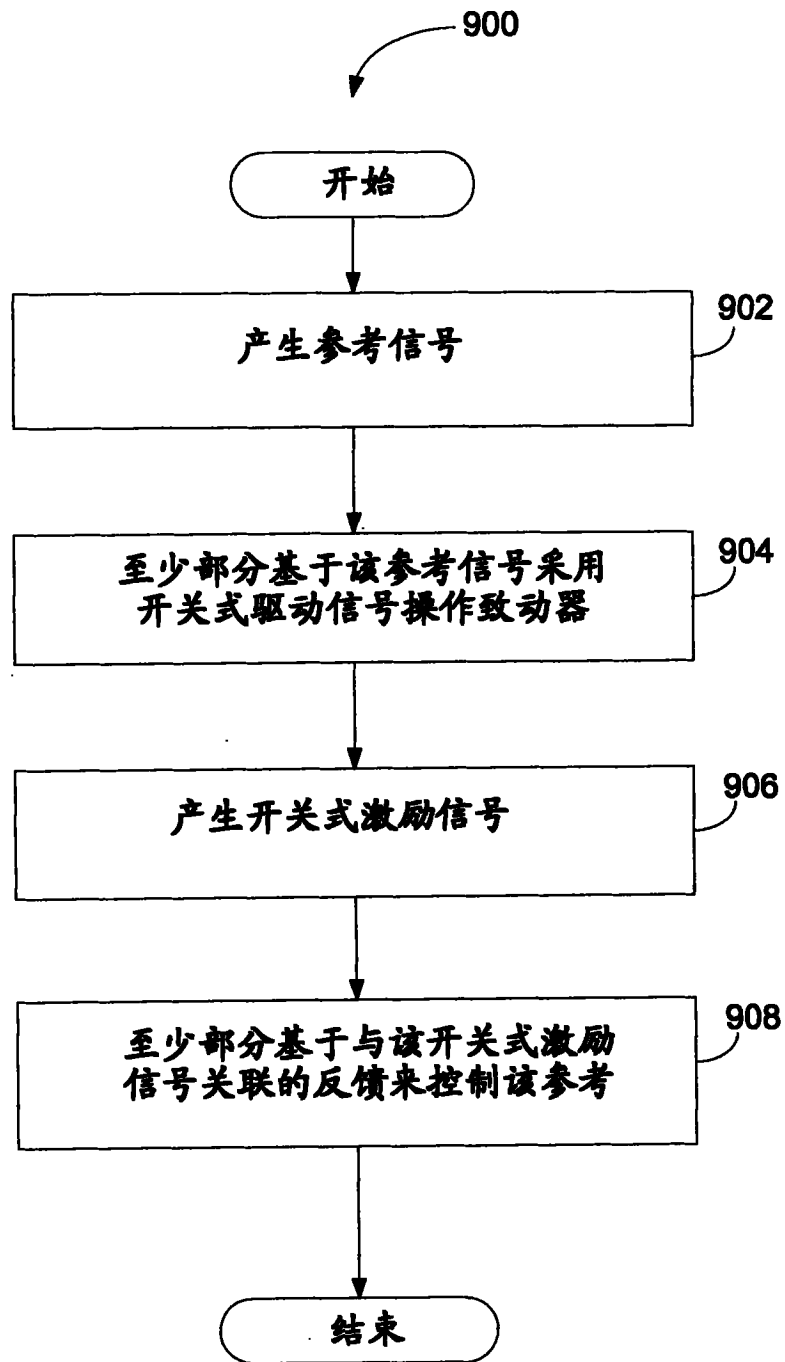


图 9

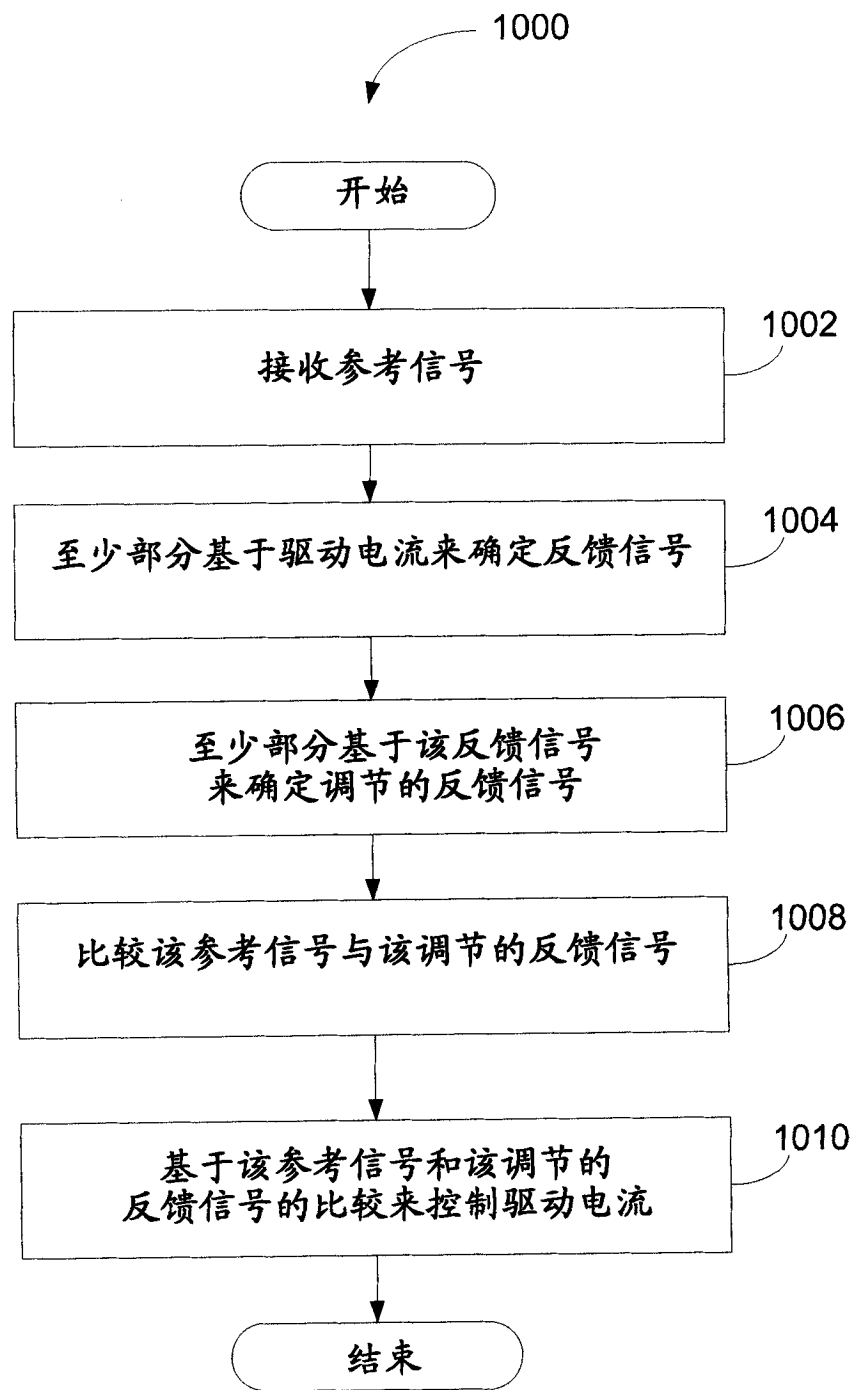


图 10

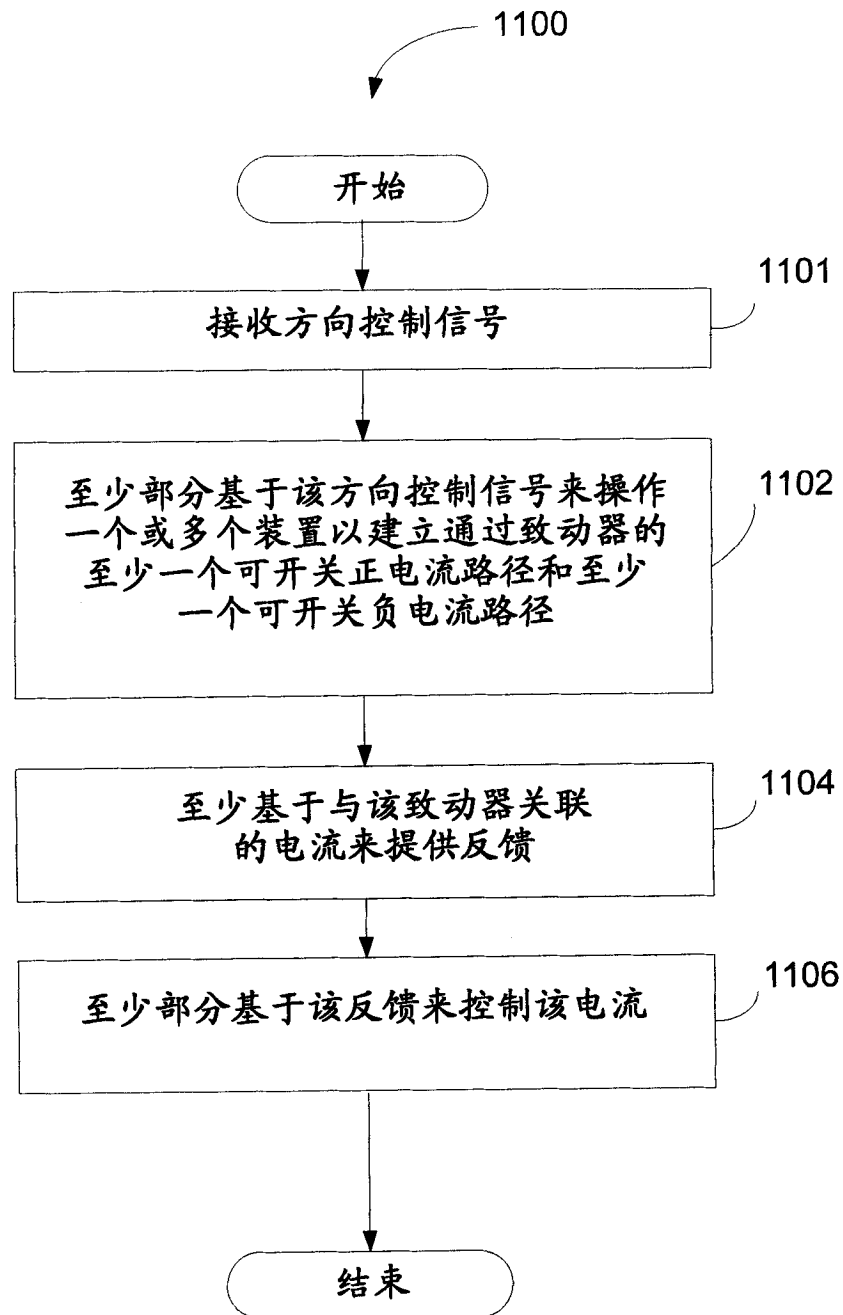


图 11

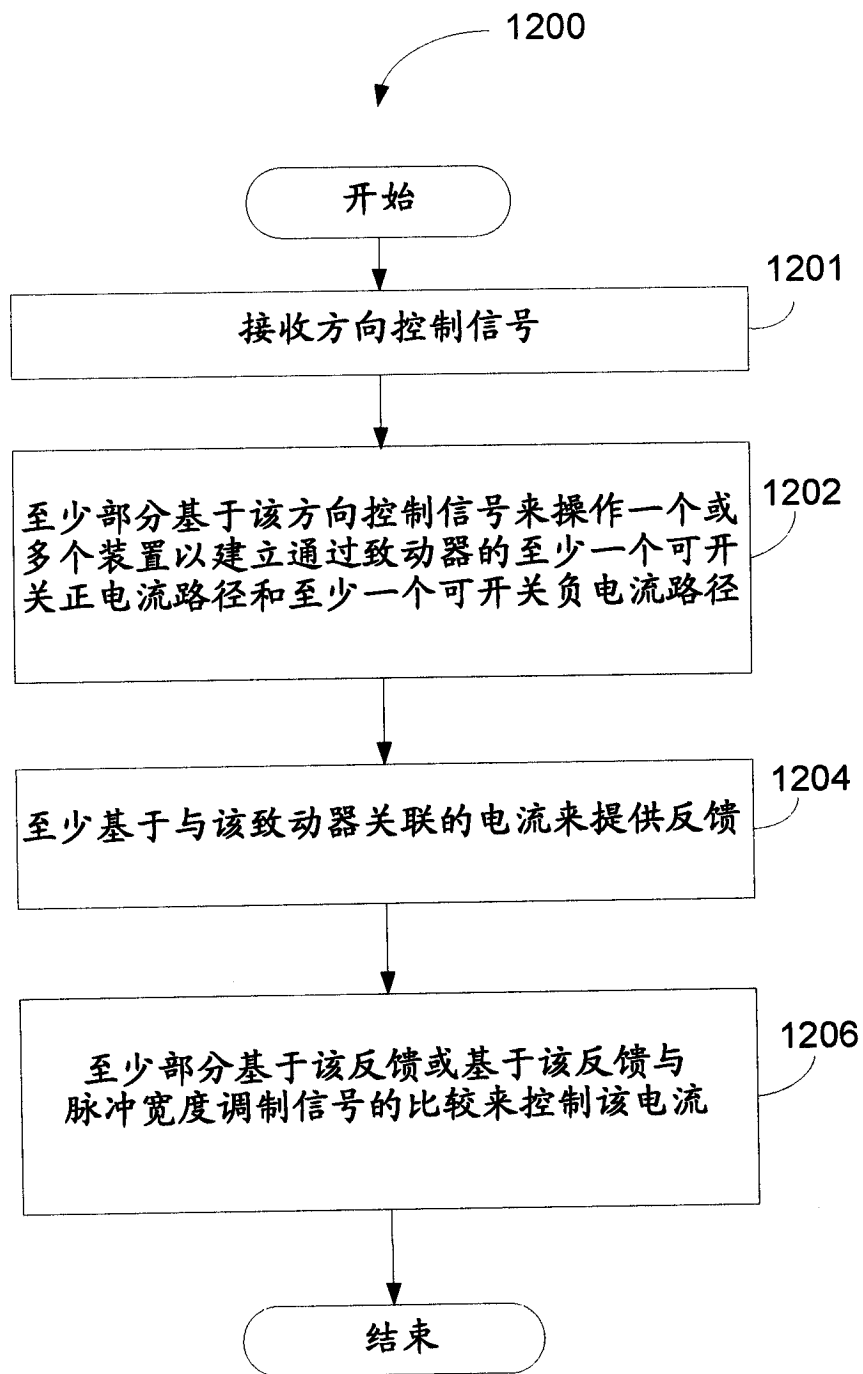


图 12

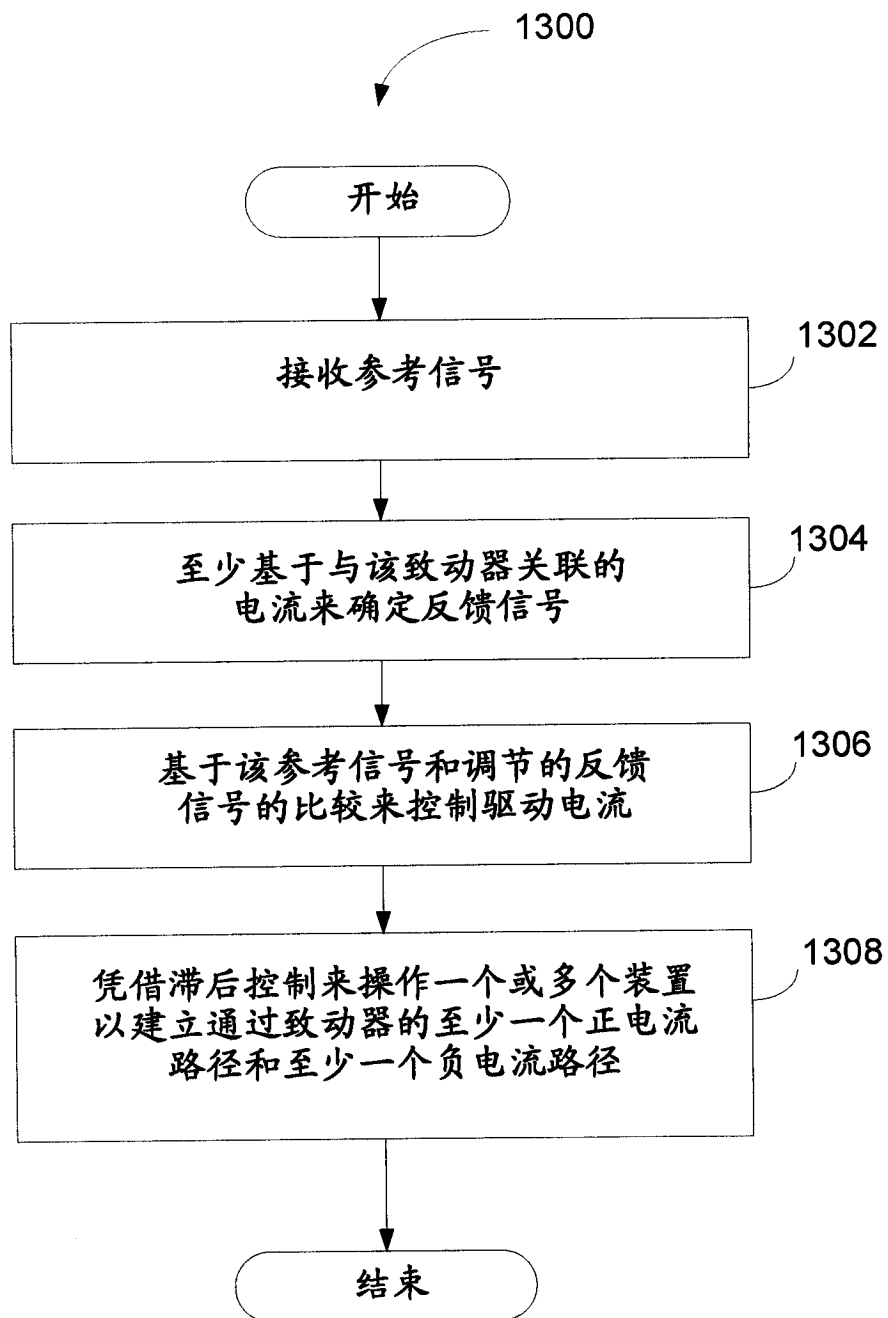


图 13

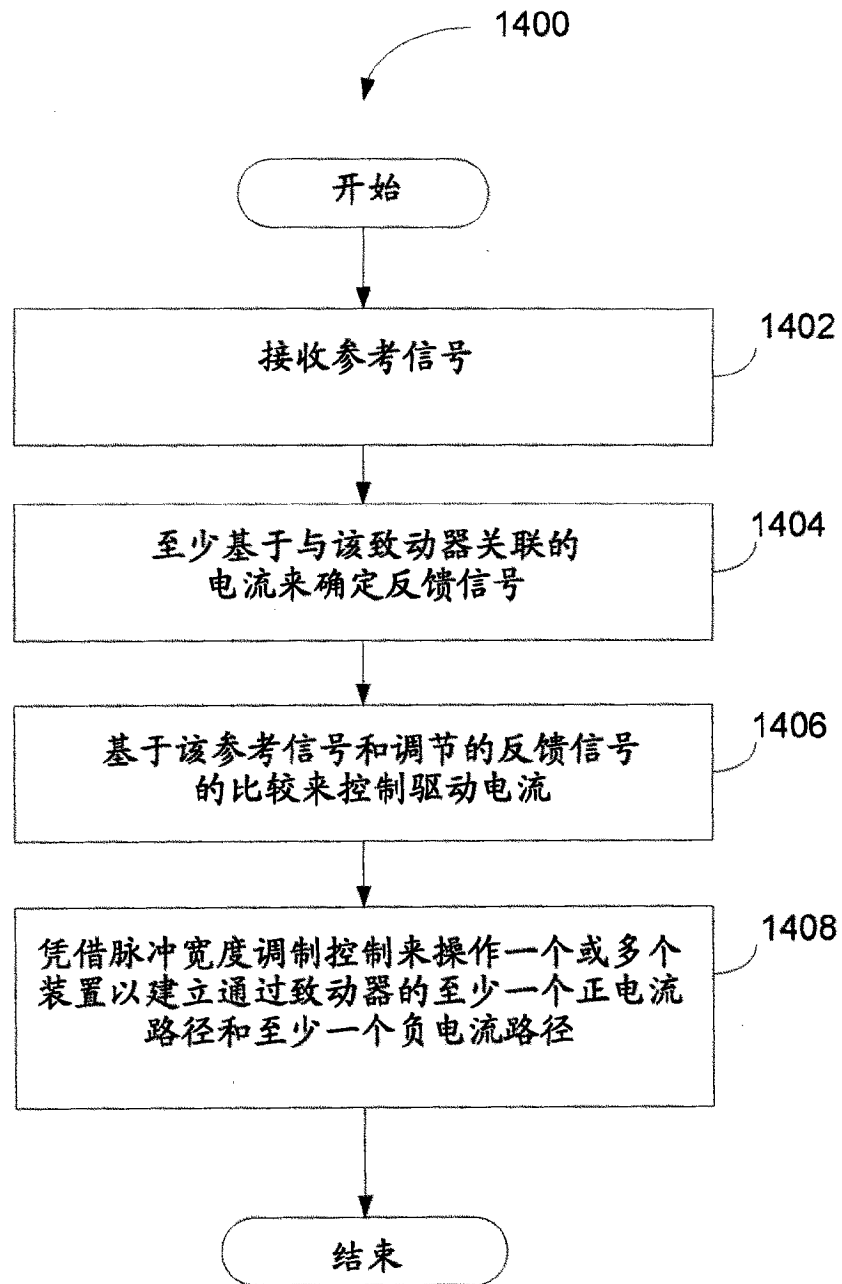


图 14