



## (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107850913 B

(45)授权公告日 2019.10.15

(21)申请号 201680042289.0

(74)专利代理机构 北京市金杜律师事务所

(22)申请日 2016.06.30

11256

(65)同一申请的已公布的文献号

代理人 王茂华 张宁

申请公布号 CN 107850913 A

(51)Int.Cl.

(43)申请公布日 2018.03.27

G05F 1/618(2006.01)

(30)优先权数据

H02M 1/42(2006.01)

14/805,209 2015.07.21 US

H02M 3/156(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

(56)对比文件

2018.01.18

US 2006145675 A1, 2006.07.06, 全文.

(86)PCT国际申请的申请数据

US 2014320104 A1, 2014.10.30, 全文.

PCT/US2016/040400 2016.06.30

US 6879136 B1, 2005.04.12, 全文.

(87)PCT国际申请的公布数据

CN 103038991 A, 2013.04.10, 全文.

W02017/014931 EN 2017.01.26

CN 101064472 A, 2007.10.31, 全文.

(73)专利权人 高通股份有限公司

CN 202737740 U, 2013.02.13, 全文.

地址 美国加利福尼亚州

CN 101242142 A, 2008.08.13, 全文.

(72)发明人 王义凯 J·鲁考斯基 陈吉伟

CN 102427294 A, 2012.04.25, 全文.

审查员 李艳玲

权利要求书3页 说明书7页 附图4页

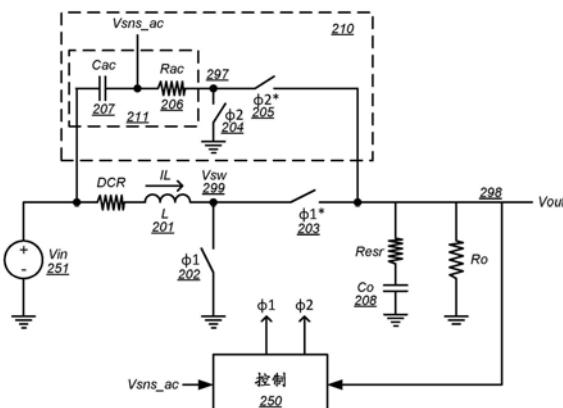
## (54)发明名称

用于基于电感器电流控制升压开关式调节器的电路和方法

## (57)摘要

本公开关于用于基于电感器电流控制升压开关式调节器的电路和方法。输入电压耦合至电感器的第一端子，且电感器的第二端子交替地耦合在参考电压和经升压的输出电压之间。输入电压进一步耦合至积分器电路的第一端子，且积分器电路的第二端子可以交替地耦合在参考电压和经升压的输出电压，例如，用于产生对应于电感器中电流的电压。本发明电路可以在升压开关式调节器中用于电压控制或电流控制模式或者两者。

200



B

1. 一种升压开关式调节器电路，包括：

电感器，具有第一端子和第二端子，所述第一端子被配置用于接收第一电压；

第一开关，具有耦合至所述电感器的所述第二端子的第一端子，和被配置用于接收第一参考电压的第二端子；

第二开关，具有耦合至所述电感器的所述第二端子的第一端子，和耦合至所述升压开关式调节器的输出端子的第二端子；

第一电容器，具有第一端子和第二端子，所述第一电容器的所述第一端子耦合至所述电感器的所述第一端子；

第一电阻器，具有第一端子和第二端子，所述第一电阻器的所述第一端子耦合至所述第一电容器的所述第二端子；

第三开关，具有耦合至所述第一电阻器的所述第二端子的第一端子，和被配置用于接收所述第一参考电压的第二端子；以及

第四开关，具有耦合至所述第一电阻器的所述第二端子的第一端子，和耦合至第二参考电压的第二端子。

2. 根据权利要求1所述的电路，其中，所述第二参考电压是在所述升压开关式调节器的所述输出端子上的输出电压。

3. 根据权利要求2所述的电路，其中，当所述电感器的所述第二端子耦合至所述第一参考电压时，所述第一电阻器的所述第二端子耦合至所述升压开关式调节器的所述输出端子，以及当所述电感器的所述第二端子耦合至所述升压开关式调节器的所述输出端子时，所述第一电阻器的所述第二端子耦合至所述第一参考电压。

4. 根据权利要求2所述的电路，其中，当所述第一开关闭合时，所述第二开关断开、所述第三开关断开并且所述第四开关闭合，以及当所述第一开关断开时，所述第二开关闭合、所述第三开关闭合并且所述第四开关断开。

5. 根据权利要求2所述的电路，进一步包括：

第二电容器，具有第一端子和第二端子，所述第二电容器的所述第一端子耦合至所述电感器的所述第一端子；以及

第二电阻器，具有耦合至所述第二电容器的所述第二端子的第一端子，和耦合至所述电感器的所述第二端子的第二端子。

6. 根据权利要求5所述的电路，进一步包括控制电路，所述控制电路被配置用于接收在所述升压开关式调节器的所述输出端子上的经升压的输出电压、在所述第一电容器的所述第二端子上的对应于AC电感器电流的第一感测电压、以及在所述第二电容器的所述第二端子上的对应于DC电感器电流的第二感测电压。

7. 根据权利要求5所述的电路，进一步包括：

电压组合器电路，被配置用于接收在所述第一电容器的所述第二端子上的对应于AC电感器电流的第一感测电压，和在所述第二电容器的所述第二端子上的对应于DC电感器电流的第二感测电压，以产生对应于所述电感器电流的第一斜坡信号；

斜坡发生器电路，用于生成第二斜坡信号；以及

斜坡斜率补偿电路，用于基于所述第一斜坡信号补偿所述第二斜坡信号。

8. 根据权利要求5所述的电路，进一步包括：

第三电容器,被配置用于接收在所述第一电容器的所述第二端子上的对应于AC电感器电流的第一感测电压并且产生第一电流;

第一电压至电流转换器,用于接收在所述第二电容器的所述第二端子上的对应于DC电感器电流的第二感测电压以产生第二电流;

第四电容器,具有第一端子和第二端子;

电阻器网络,耦合至所述第四电容器的所述第二端子以将所述第一电流和所述第二电流相加,以产生对应于所述电感器电流的第一斜坡信号;以及

电流源,耦合至所述第四电容器的所述第一端子以产生第二斜坡信号,其中所述第四电容器的所述第一端子耦合至比较器的输入端。

9. 根据权利要求2所述的电路,进一步包括控制电路,所述控制电路被配置用于接收在所述升压开关式调节器的所述输出端子上的经升压的输出电压,以及在所述第一电容器的所述第二端子上的对应于AC电感器电流的感测电压。

10. 根据权利要求9所述的电路,其中,所述升压开关式调节器被配置为在电压控制模式中使用对应于所述AC电感器电流的所述感测电压和经升压的输出电压。

11. 一种生成经升压的调节电压的方法,包括:

将输入电压耦合至电感器的第一端子;

将所述电感器的第二端子在第一参考电压和经升压的输出电压之间交替地耦合;

将所述输入电压耦合至积分器电路的第一端子;

将所述积分器电路的第二端子在所述第一参考电压和第二参考电压之间交替地耦合以产生对应于所述电感器中的电流的电压,

其中,当所述电感器的所述第二端子耦合至所述第一参考电压时,所述积分器电路的所述第二端子耦合至所述第二参考电压,以及当所述电感器的所述第二端子耦合至所述经升压的输出电压时,所述积分器电路的所述第二端子耦合至所述第二参考电压。

12. 根据权利要求11所述的方法,其中,所述第二参考电压是所述经升压的输出电压。

13. 根据权利要求11所述的方法,进一步包括生成多个开关信号至耦合在所述电感器的所述第二端子和所述第一参考电压之间的至少第一开关、耦合在所述电感器的所述第二端子和具有所述经升压的输出电压的输出端子之间的第二开关、耦合在所述积分器电路的所述第二端子与所述第一参考电压之间的第三开关、以及耦合在所述积分器电路的所述第二端子和所述第二参考电压之间的第四开关,其中当所述第一开关闭合时,所述第二开关断开、所述第三开关断开、并且所述第四开关闭合,以及当所述第一开关断开时,所述第二开关闭合、所述第三开关断开、并且所述第四开关闭合。

14. 根据权利要求11所述的方法,进一步包括,将所述输入电压耦合至第二电容器的第一端子,所述第二电容器具有耦合至第二电阻器的第一端子的第二端子,其中所述第二电阻器包括耦合至所述电感器的所述第二端子的第二端子。

15. 根据权利要求14所述的方法,进一步包括,在电流控制模式中,将来自所述积分器电路的对应于AC电感器电流的第一感测电压与在所述第二电容器的所述第二端子上的对应于DC电感器电流的第二感测电压进行组合。

16. 根据权利要求11所述的方法,进一步包括,在操作在电压控制模式中的控制电路中,从所述积分器电路接收对应于AC电感器电流的第一感测电压和所述经升压的输出电

压。

17. 根据权利要求11所述的方法,其中,所述积分器电路包括第一电容器,所述第一电容器具有耦合至所述输入电压的第一端子和耦合至第一电阻器的第一端子的第二端子,其中所述第一电阻器的第二端子是所述积分器电路的所述第二端子。

18. 一种升压开关式调节器电路,包括:

电感器,具有第一端子和第二端子,所述第一端子被配置用于接收第一电压;

第一开关,具有耦合至所述电感器的所述第二端子的第一端子和被配置用于接收参考电压的第二端子;

第二开关,具有耦合至所述电感器的所述第二端子的第一端子和耦合至所述升压开关式调节器的输出端子的第二端子;

第三开关,具有耦合至开关节点的第一端子和被配置用于接收参考电压的第二端子;以及

第四开关,具有耦合至开关节点的第一端子和耦合至所述升压开关式调节器的所述输出端子的第二端子;以及

用于对所述开关节点上的电压进行积分以产生对应于AC电感器电流的电压信号的装置。

19. 根据权利要求18所述的电路,其中,当所述第一开关闭合时,所述第二开关断开、所述第三开关断开、并且所述第四开关闭合,以及当所述第一开关断开时,所述第二开关闭合、所述第三开关闭合、并且所述第四开关断开,所述电路进一步包括用于生成对应于DC电感器电流的电压信号的装置,以及用于在电流控制模式中将对应于所述AC电感器电流的所述电压信号和对应于所述DC电感器电流的所述电压信号进行组合以补偿斜坡信号的装置。

## 用于基于电感器电流控制升压开关式调节器的电路和方法

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求享有2015年7月21日提交的美国专利申请No.14/805,209的优先权，该申请在此出于所有目的通过全文引用的方式将其内容并入本文。

### 技术领域

[0003] 本公开涉及电子电路、系统和设备，并特别地涉及用于基于电感器电流控制升压开关式调节器的电路和方法。

### 背景技术

[0004] 开关式调节器是用于提供和/或转换已调节电压的非常高效的技术。这种调节器使用一个或多个电感器并且切换以在当电流流过电感器时所产生的磁场中存储能量。使用开关以选择性地耦合参考电压至电感器以增大电感器中能量或者允许能量流至输出端，例如。因此，开关式调节器有时称作“切换器”、“转换器”（例如升压转换器或降压转换器）。

[0005] 图1示出了示例性的升压开关式调节器。在升压开关式调节器中，输入电压通常小于输出电压。另一方面，降压调节器具有大于输出电压的输入电压。存在各种开关式调节器，其在电感器中存储能量并且使用开关传输能量。在该示例中，恒定的（例如直流，“DC”）输入电压 $V_{in}$ 耦合至电感器L 101的一个端子。电感器101的另一端子通过第一开关102耦合至参考电压（在此，接地）并且通过第二开关103耦合至输出端子以产生恒定的已调节输出电压 $V_{out}$ 。

[0006] 升压开关式调节器按如下方式操作。当开关102闭合（短路）并且开关103断开（开路）时，电感器101的第二端子耦合接地，并且跨越电感器101的端子施加正电压 $V_{out}$ 。因此，在标注为 $\phi 1$ 的该第一阶段期间，电感器中的电流 $I_L$ 增大，并且能量存储在电感器中。当开关102断开且开关103闭合时，瞬时的电感器电流保持不变，并且该电感器电流流动至输出端子并且进入负载，负载在此表示为电阻器 $R_o$ 。在标注为 $\phi 2$ 的该第二阶段期间，跨电感器的电压极性反转，因为 $V_{out}$ 大于升压转换器中的 $V_{in}$ 。因此，在该操作阶段期间，电感器电流 $I_L$ 减小。开关102和103可以在特定时间段或循环期间导通和截断，以交替地在电感器中充电和放电。在一些应用中，开关103导通（闭合）和开关102截断（断开）的时间可以使得在开关循环结束之前从电感器101通过开关103流动的电感器电流 $I_L$ 从正数值斜坡下降至较低的正数值。在一些应用中，循环和反向电压（ $V_{out}-V_{in}$ ）可以使得电感器电流 $I_L$ 和流过开关103的电流改变极性并且从正（也即流至输出端）变为负（从输出端流至输入端），诸如在其中调节器可以汇集电流的强制连续导通模式（CCM）操作中。

[0007] 由使用控制电路104实施的反馈回路控制已调节输出电压 $V_{out}$ 。在该示例中，控制电路104感测输出电压 $V_{out}$ 和电感器电流 $I_L$ ，以通过控制在每个循环期间开关102和103导通和截断的时间而调节输出电压 $V_{out}$ 。

[0008] 与开关式调节器相关联的一个问题关于在非常低的占空比下使用电流控制系统（称作电流控制）。例如，维持具有非常小占空比（例如2%）的良好调节的电流模式PWM控制

可以是非常有挑战性的。在一些情形中,可以需要强制CCM以维持低波动和负电流。因此,如上所述,升压开关式调节器可以具有在切换循环期间改变极性的电感器电流。这种极性的改变引起控制电路尝试实施电流控制方案的问题。

## 发明内容

[0009] 本公开涉及用于基于电感器电流控制升压开关式调节器的电路和方法。在一个实施例中,本公开包括一种升压开关式调节器电路,包括具有被配置用于接收第一电压的第一端子和第二端子,具有耦合至电感器的第二端子的第一端子和被配置用于接收参考电压的第二端子,具有耦合至电感器的第二端子的第一端子和耦合至升压开关式调节器的输出端子的第二端子的第二开关,具有耦合至电感器的第一端子的第一端子和第二端子的第一电容器,具有耦合至电容器的第二端子的第一端子和第二端子的第一电阻器,具有耦合至电阻器的第二端子的第一端子和被配置用于接收参考电压的第二端子的第三开关,以及具有耦合至电阻器的第二端子的第一端子和耦合至另一参考电压的第二端子(例如升压开关式调节器的输出端子)的第四开关。

[0010] 在一个实施例中,当电感器的第二端子耦合至参考电压时,电阻器的第二端子耦合至升压开关式调节器的输出端子,并且当电感器的第二端子耦合至升压开关式调节器的输出端子时,电阻器的第二端子耦合至参考电压。

[0011] 在一个实施例中,当第一开关闭合时,第二开关断开、第三开关断开、且第四开关闭合,以及当第一开关断开时,第二开关闭合、第三开关闭合、且第四开关断开。

[0012] 在一个实施例中,电路进一步包括具有耦合至电感器的第一端子的第一端子和第二端子的第二电容器,以及具有耦合至电容器的第二端子的第一端子和耦合至电感器的第二端子的第二端子的第二电阻器。

[0013] 在一个实施例中,电路进一步包括控制电路,被配置用于接收在升压开关式调节器的输出端子处的经升压的输出电压,在第一电容器的第二端子上对应于AC电感器电流的第一感测电压,以及在第二电容器的第二端子上的对应于DC电感器电流的第二感测电压。

[0014] 在一个实施例中,电路进一步包括被配置用于接收在第一电容器的第二端子上对应于AC电感器电流的第一感测电压、以及在第二电容器的第二端子上的对应于DC电感器电流的第二感测电压以产生对应于电感器电流的第一斜坡信号的电压组合器电路,用于产生第二斜坡信号的斜坡发生器电路,以及用于基于第一斜坡信号补偿第二斜坡信号的斜坡斜率补偿电路。

[0015] 在一个实施例中,电路进一步包括被配置用于接收在第一电容器的第二端子上对应于AC电感器电流的第一感测电压并且产生第一电流的第三电容器,用于接收在第二电容器的第二端子上对应于DC电感器电流的第二感测电压并且产生第二电流的第一电压至电流转换器,具有第一端子和第二端子的第四电容器,耦合至第四电容器的第二端子以将第一电流和第二电流相加以产生对应于电感器电流的第一斜坡信号的电阻器网络,以及耦合至第四电容器的第一端子以产生第二斜坡信号的电流源,其中第四电容器的第一端子耦合至比较器的输入端。

[0016] 在一个实施例中,电路进一步包括控制电路,被配置用于接收在升压开关式调节器的输出端子上的经升压的输出电压,并感测在第一电容器的第二端子上对应于AC电感器

电流的第二电压。

[0017] 在一个实施例中,升压开关式调节器被配置用于使用经升压的输出电压并在电压控制模式中感测对应于AC电感器电流的电压。

[0018] 在一个实施例中,参考电压是接地。

[0019] 在另一实施例中,本公开包括一种产生已升压调节的电压的方法,包括将输入电压耦合至电感器的第一端子,将电感器的第二端子在参考电压和经升压的输出电压之间交替地耦合,将输入电压耦合至积分器电路的第一端子,将积分器电路的第二端子在参考电压和经升压的输出电压之间交替地耦合以产生对应于电感器中电流的电压,其中当电感器的第二端子耦合至参考电压时,积分器电路的第二端子耦合至另一参考电压(例如升压开关式调节器的输出端子),并且当电感器的第二端子耦合至经升压的输出电压时,积分器电路的第二端子耦合至参考电压。

[0020] 在一个实施例中,方法进一步包括产生多个开关信号用于至少耦合在电感器的第二端子和所述参考电压之间的第一开关、耦合在电感器的第二端子和具有所述经升压的输出电压的输出端子之间的第二开关、耦合在积分器电路的第二端子和所述参考电压之间的第三开关、以及耦合在积分器的第二端子和具有经升压的输出电压的输出端子之间的第四开关,其中当第一开关闭合时第二开关断开、第三开关断开且第四开关闭合,以及当第一开关断开时第二开关闭合、第三开关闭合且第四开关断开。

[0021] 在一个实施例中,方法进一步包括将输入电压耦合至第二电容器的第一端子,第二电容器具有耦合至第二电阻器的第一端子的第二端子,其中第二电阻器包括耦合至电感器的第二端子的第二端子。

[0022] 在一个实施例中,方法进一步包括,在电流控制模式中,组合来自积分器电路的对应于AC电感器电流的第一感测电压、和在第二电容器的第二端子上对应于DC电感器电流的第二感测电压。

[0023] 在一个实施例中,方法进一步包括,在操作在电压控制模式中的控制电路中,从积分器电路接收对应于AC电感器电流和经升压的输出电压的第一感测电压。

[0024] 在一个实施例中,积分器电路包括具有耦合至输入电压的第一端子和耦合至第一电阻器的第一端子的第二端子的第一电容器,其中第一电阻器的第二端子是积分器电路的所述第二端子。

[0025] 在另一实施例中,本公开包括一种升压开关式调节器电路,包括具有被配置用于接收第一电压的第一端子和第二端子的电感器,具有耦合至电感器的第二端子的第一端子和被配置用于接收参考电压的第二端子的第一开关,具有耦合至电感器的第二端子的第一端子和耦合至升压开关式调节器的输出端子的第二端子的第二开关,以及用于产生对应于AC电感器电流的电压信号的装置。

[0026] 在一个实施例中,用于产生对应于AC电感器电流的电压信号的装置包括,具有耦合至开关节点的第一端子和被配置用于接收参考电压的第二端子的第三开关,具有耦合至开关节点的第一端子和耦合至升压开关式调节器的输出端子的第二端子的第四开关,以及用于积分在开关节点上的电压以产生对应于AC电感器电流的电压信号的装置。

[0027] 在一个实施例中,当第一开关闭合时第二开关断开、第三开关断开且第四开关闭合,以及当第一开关断开时第二开关闭合、第三开关闭合且第四开关断开。

[0028] 在一个实施例中,电路进一步包括用于产生对应于DC电感器电流的电压信号的装置,以及用于组合对应于AC电感器电流的电压信号和对应于DC电感器电流的电压信号以在电流控制模式中补偿斜坡信号的装置。

[0029] 以下详细说明书和附图提供了本公开的本质和优点的更好理解。

## 附图说明

- [0030] 图1示出了典型的升压开关式调节器。
- [0031] 图2示出了根据一个实施例的示例性开关式调节器。
- [0032] 图3示出了根据另一实施例的示例性开关式调节器。
- [0033] 图4示出了对于图3的电路的波形。
- [0034] 图5A示出了根据一个实施例的用于对在电流控制模式中对应于斜坡补偿AC和DC电感器的电流分量的电压进行组合。
- [0035] 图5B示出了根据另一实施例的斜坡补偿的示例性实施方式。
- [0036] 图6示出了根据实施例的方法。

## 具体实施方式

[0037] 在以下说明书中,为了说明的目的,阐述数个示例和具体细节以便于提供本公开的全面理解。然而,对于本领域技术人员明显的是,如权利要求中所表述的本公开可以单独地包括在这些示例中的一些或全部特征或者与以下所述其他特征组合,并且可以进一步包括在此所述特征和概念的修改和等价形式。

[0038] 图2示出了根据一个实施例的示例性升压开关式调节器电路。在该示例中,升压开关式调节器电路200包括电感器201、开关202、开关203、控制电路250以及电流感测电路210。电感器201具有被配置用于接收第一电压(在此,来自电压源251的输入电压 $V_{in}$ )的第一端子和第二端子。在该示例中,电阻DCR例如对应于电感器中的寄生电阻。开关202具有在具有开关电压 $V_{sw}$ 的开关节点299处耦合至电感器201的第二端子的第一端子,以及耦合至在该示例中是接地(例如0伏)参考电压的第二端子。第二开关203具有在开关节点299处耦合至电感器201的第二端子的第一端子,以及耦合至升压开关式调节器的输出端子298、在该情形中具有升压输出电压 $V_{out}$ 的第二端子。对于升压开关式调节器而言, $V_{out}$ 额定地大于 $V_{in}$ ,尽管 $V_{in}$ 可以在一些应用中对于一段时间大于 $V_{out}$ 。例如, $V_{in}$ 可以由电池(例如在移动装置中)提供,其中如果电池过充电或完全充满电, $V_{in}$ 可以大于 $V_{out}$ ,例如。输出端子298可以耦合至具有寄生电阻 $Resr$ 的电容器(Co)208,例如,并且负载可以被建模作为电阻器 $Ro$ 。

[0039] 本公开的特征和优点包括用于产生对应于交流(AC)电感器电流的电压信号的电路。在升压开关式调节器的操作期间,开关202和203在开关节点299处将电感器201的端子交替地耦合至参考电压(通常接地)和经升压的输出电压 $V_{out}$ 。电感器201的另一端子维持在 $V_{in}$ 。因此,当 $V_{sw}$ 接地时电感器电流 $IL$ 增大,并且当 $V_{sw}$ 是 $V_{out}$ 时电感器电流 $IL$ 减小。通常,电感器中的电流与跨接电感器端子所施加的电压的积分相关。因此,因为在 $V_{sw}$ 处施加至电感器的电压输入是在接地和 $V_{out}$ 之间变换的方波,电感器电流基本上是三角波(方波的积分)。

[0040] 本公开的实施例通过将跨电感器电压Vin和Vout耦合至积分器电路211而产生对应于AC电感器电流的电压信号。在该示例中，开关204和205以及电阻器/电容器(RC)积分器电路示出了用于产生对应于AC电感器电流的电压信号的一个机构。电容器207耦合至电感器201的端子以接收Vin。电容器207的第二端子耦合至电阻器206的端子。电阻器206的第二端子耦合至第二开关节点297。电阻器206和电容器207示出了用于对在开关节点297的电压积分以产生对应于AC电感器电流的电压信号的一个示例性积分器电路。开关204具有在开关节点297处耦合至电阻器206的第一端子，以及耦合至参考电压(例如接地)的第二端子。在该示例中，开关205具有耦合至电阻器206的第一端子，以及耦合至升压开关式调节器的输出端子以接收经升压的输出电压Vout的第二端子。在其他实施例中，开关205的第二端子可以耦合至除了Vout之外的另一参考电压，从而电路例如产生对应于电感器中AC电流的电压信号。

[0041] 在操作期间，将输入电压Vin耦合至电感器201的第一端子。电感器201的第二端子由开关202和203在参考电压(例如接地)和经升压的输出电压Vout之间交替地耦合。因此，在接地和Vout之间变换的方波可以施加至电感器。类似的，将输入电压Vin施加至电感器207的第一端子，并且电阻器206的第二端子由开关204和205在参考电压和经升压的输出电压之间交替地耦合。因为RC电路作为积分器而操作，结果是在电容器207的第二端子上产生对应于电感器中的电流的电压Vsns\_ac。

[0042] 开关202-205可以操作以使得当电感器201的第二端子在开关节点299处耦合至参考电压时，电阻器206在开关阶段297处的第二端子耦合至经升压的输出电压Vout。相反的，当电感器201的第二端子耦合至经升压的输出电压Vout时，电阻器206在开关节点297处的第二端子耦合至参考电压。例如，在第一阶段期间，当开关202闭合时开关203断开、开关204断开且开关205闭合。在第二阶段期间，当开关202断开时开关203闭合、开关204闭合且开关205断开。

[0043] 开关电路200进一步包括控制电路250以基于经升压的输出电压Vout和对应于电感器电流的电压信号Vsns\_ac而控制开关202和开关203。在一个实施例中，经升压的输出电压Vout和Vsns\_ac可以用在电压控制模式中，其中使用Vout和Vsns\_ac以维持Vout在特定电压电平下。在另一实施例中，Vout、Vsns\_ac和对应于DC电感器电流的电压进一步用于电流控制模式中。电压控制通常以较缓慢速度在许多循环周期期间操作，而电流控制通常以较高速度在每个循环周期期间操作。在该示意性示例中，Vsns\_ac和Vout用于产生开关控制信号 $\varphi 1$ 和 $\varphi 2$ 、以及它们对应的反相 $\varphi 1^*$ 和 $\varphi 2^*$ 以如上所述导通(闭合)和截断(断开)开关202-205。如以下示例中所示，可以180度相移 $\varphi 1/\varphi 1^*$ 以产生 $\varphi 2/\varphi 2^*$ ，例如。

[0044] 图3示出了根据另一实施例的示意性开关式调节器。在该示例中，升压开关式调节器电路300包括电感器。电感器具有耦合至输入电压源351(Vin)的第一端子，以及通过开关302耦合接地并且通过开关303耦合至升压电路输出端子(Vout)的第二端子。进一步，电感器电流感测电路包括电阻器306、电容器307、以及开关304和305以产生对应于AC电感器电流的电压信号Vsns\_ac。这些电路元件基本上如以上关于图2中电路所述而操作。在该示例中，使用MOS晶体管实施开关，其中开关302是PMOS开关晶体管，开关303是PMOS开关晶体管，开关304是NMOS开关晶体管，以及开关306是PMOS开关晶体管。图4示出了对于图3电路的波

形。在该示例中,开关302和303由信号 $\Phi$ 驱动,以及开关304和305由信号 $\phi b$ 驱动,两者均由控制器350中的控制逻辑和缓冲器354产生,例如。如上所述,有利地,信号 $\phi b$ 与信号 $\Phi$ 180度异相,以使得信号 $\phi b$ 可以是信号 $\Phi$ 的反相,例如。

[0045] 本示例可以包括电压控制和电流控制两者。例如,可以通过将经升压的输出电压Vout耦合至误差放大器351的一个输入端、并且在误差放大器351的第二输入端中接收参考电压Vref而实施电压控制。误差放大器351的输出端是电压回路误差信号,其耦合至比较器353。如上所述,在一些应用中,电压回路也可以包括Vsns\_ac,其是对应于AC电感器电流的电压。然而,在该示例中,对应于电感器电流的AC和DC分量的电压被耦合至电流求和与斜率补偿电路352,以在电流控制回路的斜坡信号中包含AC和DC电感器电流。补偿斜坡信号耦合至比较器353的第二输入。比较器的输出由控制逻辑和缓冲器354接收并用于产生开关信号 $\Phi$ 和 $\phi b$ 。

[0046] 图3中所示本示例的特征和优点包括产生对应于电感器电流的AC和DC分量的电压。例如,除了如上所述使用积分器(例如RC电路)产生的AC电感器电流分量之外,可以使用电阻器308和电容器309产生对应于电感器电流的DC分量的电压。例如,升压开关式调节器电路300包括第二电容器(Cdc)309,具有耦合至电感器301的第一端子的第一端子,以及耦合至第二电阻器308的第一端子的第二端子。电阻器308包括在开关节点耦合至电感器301的第二端子的第二端子。图4示出了对于图3的电路的波形。在450处,图4示出了180度异相的信号 $\Phi$ 和信号 $\phi b$ (在此信号 $\phi b$ 是信号 $\Phi$ 的反相)。电感器电流示出在401处。在402处示出了对应于电感器电流的AC分量的电压波形。最终,在403处示出了对应于电感器电流的DC分量的电压波形。如图4中所示,电感器电流的DC分量具有小波动,但是平均值是电感器电流IL的函数,称作Vin(例如Vsns\_ac=Vin-(IL\*DCR))。AC分量具有较大的波动,并且在每个周期Ts的循环期间与电感器电流的AC分量同相且表示电感器电流的AC分量,例如。可以配置控制电路350以接收输出端子上的经升压的输出电压Vout,电容器307的第二端子上对应于AC电感器电流的第一感测电压Vsns\_ac,以及在第二电容器309的第二端子上对应于DC电感器电流的第二感测电压Vsns\_dc,并且根据此实施了操作的电流控制模式。

[0047] 图5A示出了根据实施例在电流控制模式中组合对应于AC和DC电感器电流分量的电压以用于斜坡补偿。在此,将Vsns\_ac和Vsns\_dc耦合至电压组合器电路501(例如加法器)以在每个循环周期上产生对应于增大和减小电感器电流的IL斜坡信号。由斜坡发生器电路502产生第二斜坡信号,并且在斜坡斜率补偿电路503中组合两个斜坡以使用来自IL斜坡的信息补偿第二斜坡,例如。

[0048] 图5B示出了根据另一实施例的斜坡补偿的示例性实施方式。尽管应该理解的是可以组合对应于电感器电流的AC和DC分量的电压Vsns\_ac和Vsns\_dc并以其它方式用于补偿斜坡信号,以下示出了用于如此进行的一个特别示例性电路并不应构造为限制本申请的权利要求。在该示例中,Vsns\_ac通过电容器501(Ciso)耦合以产生对应于AC电感器电流的电流Iac。也使用电压至电流转换器将Vsns\_dc转换为电流。如上所述,在一些实施例中,Vsns\_dc可以称作Vin。因此,本示例将Vsns\_dc耦合至电阻器502的一个端子(Ravg)。电阻器502的另一端子耦合至Vin,从而流过电阻器的电流Idc如下:

[0049]  $I_{dc} = 1/R_{avg} * (V_{in} - V_{sns\_dc}) = 1/R_{avg} * (V_{in} - [V_{in} - (I_{L} * DCR)])$

[0050]  $I_{dc} = I_{L} * DCR / R_{avg}$

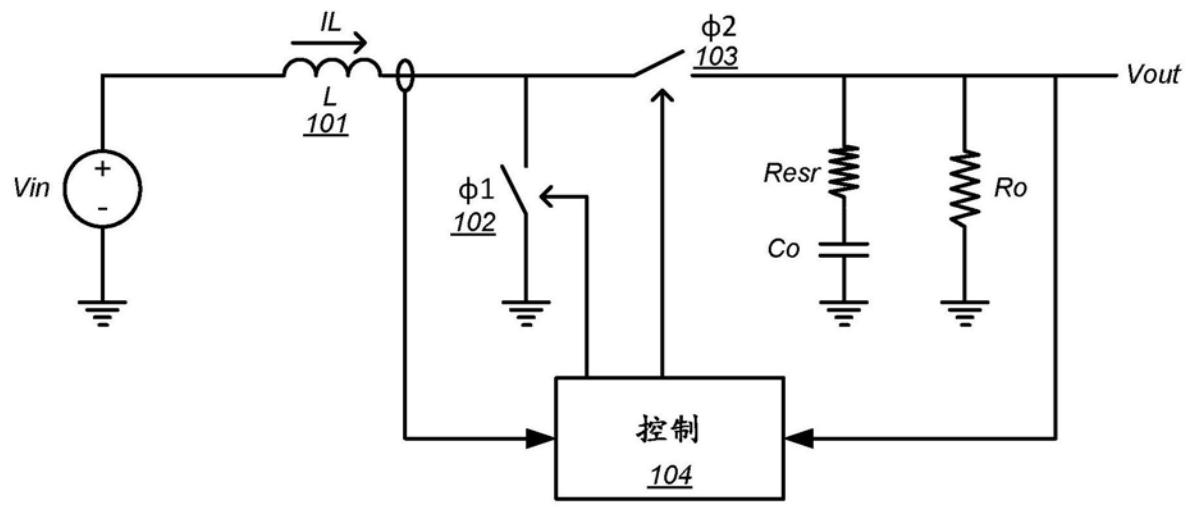
[0051] 因此,电阻器502可以用于缩减电感器电流IL的DC分量并且是用于将Vsns\_dc转换为与DC电感器电流相对应的电流的一个示例性机构。在该示例中,包括放大器503和PMOS晶体管504的单位增益电路用于在电阻器502的一个端子上设置电压Vsns\_dc,例如。

[0052] 在该示例中,电流Iac和Idc在电阻器网络中相加,以产生对应于电感器电流的第一斜坡信号。电流Iac和Idc可以按比例组合,从而例如当组合时每个电流的比例重构了电感器电流的精确表示。Iac从电容器501的端子耦合至电阻器512的第一端子。Idc例如通过NMOS电流镜510和PMOS电流镜511耦合至电阻器512的第二端子和电阻器513的第一端子。可以设置电阻器512和513的数值以重新组合电流以产生对应于电容器521(Cramp)的端子上的电感器电流的斜坡信号。

[0053] 可以使用耦合至电容器521的电流源520(Iramp)产生电压斜坡信号。因此,电容器521的一个端子接收电流Iramp以产生斜坡信号,并且由对应于电容器521的另一个端子上的电感器电流的第二斜坡信号补偿斜坡信号。因此,在该示例中,电容器521的耦合至Iramp的端子可以耦合至比较器以提供步长电感器电流的斜坡信号(例如,根据图3中控制电路350),并且因此实施了电流控制模式的一个示例,例如。

[0054] 图6示出了根据一个实施例的用于升压电压的方法。根据该示例性技术,在601处将输入电压耦合至电感器的第一端子。在602处,将电感器的第二端子在参考电压和经升压的输出电压之间交替地耦合。参考电压和经升压的输出电压可以由交替激活的开关(诸如MOS晶体管)耦合至其第二端子,例如。在603处,输入电压耦合至积分器电路的一个端子。一个示例性的积分器电路是如上所示的RC电路,其是无源积分器电路,例如。在604处,积分器电路的第二端子交替地耦合在参考电压和经升压的输出电压之间,以产生对应于电感器中电流的电压。当电感器的第二端子耦合至参考电压时,积分器电路的第二端子耦合至经升压的输出电压,并且当电感器的第二端子耦合至经升压的输出电压时,积分器电路的第二端子耦合至参考电压。因此,在一个实施例中,积分器电路可以产生对应于电感器中AC电流的电压。

[0055] 以上说明书示出了本公开的各个实施例以及可以如何实施特定实施例的特征方面。以上示例不应被认为是唯一的实施例,并且展示用以说明如由以下权利要求所限定的特定实施例的灵活性和优点。基于以上公开和以下权利要求,可以采用其他设置、实施例、实施方式和等价形式而并未脱离如由权利要求所限定的本公开的范围。



(现有技术)

图1

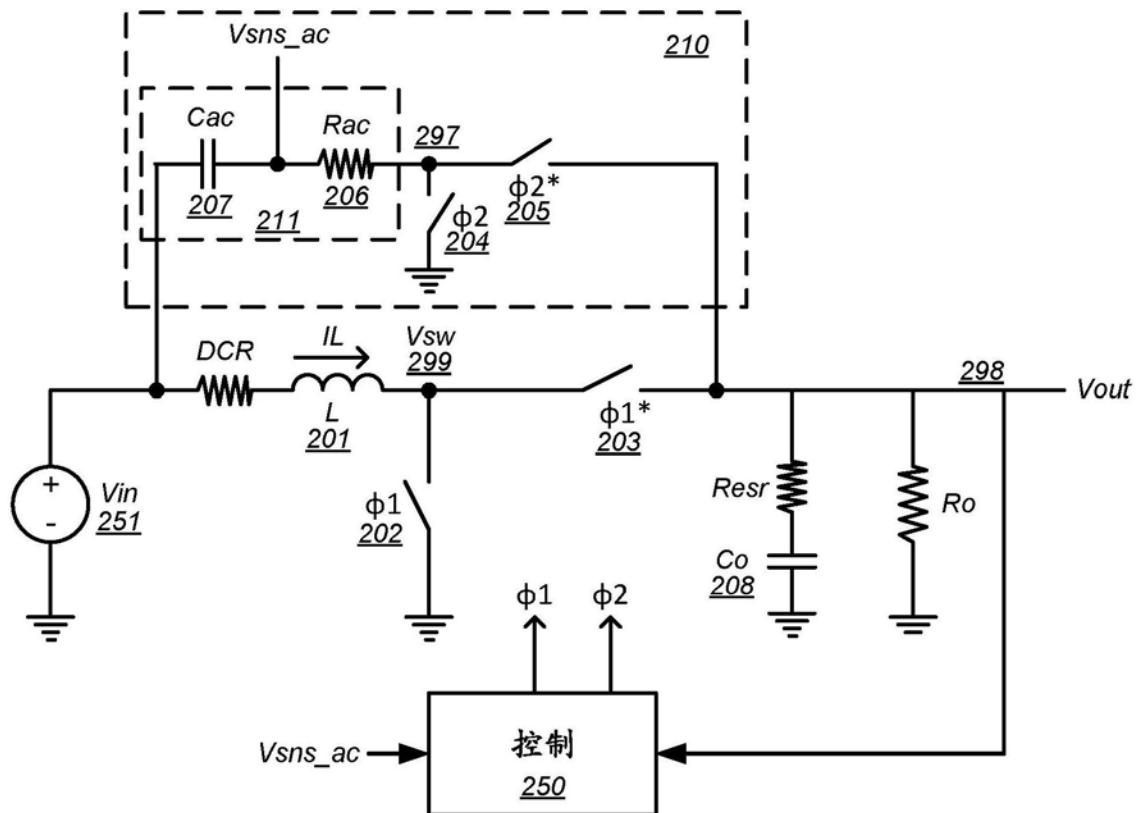
200

图2

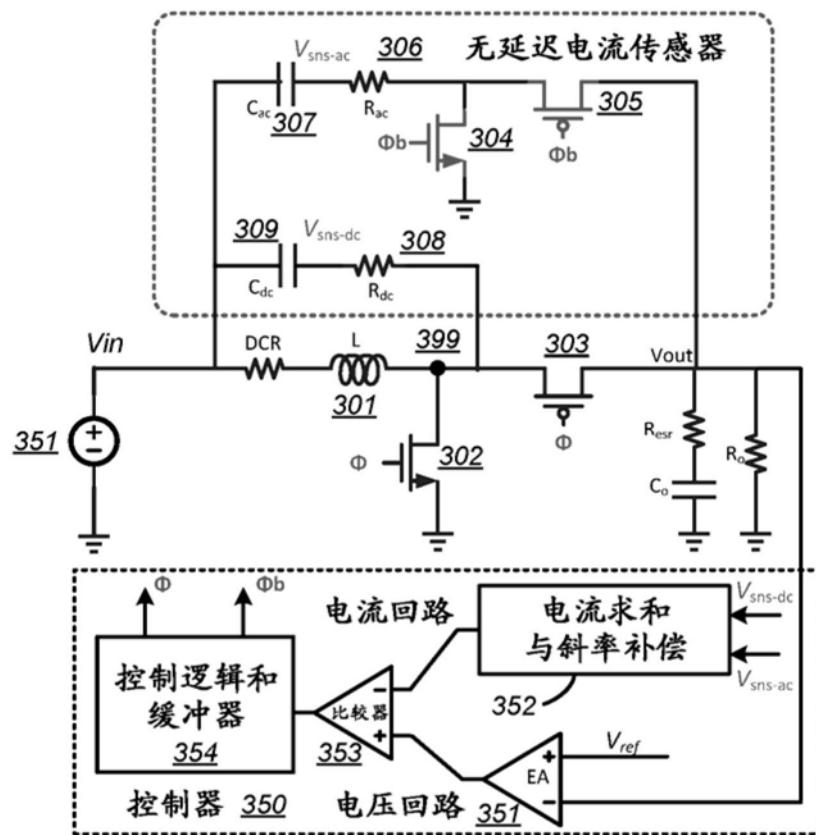
300

图3

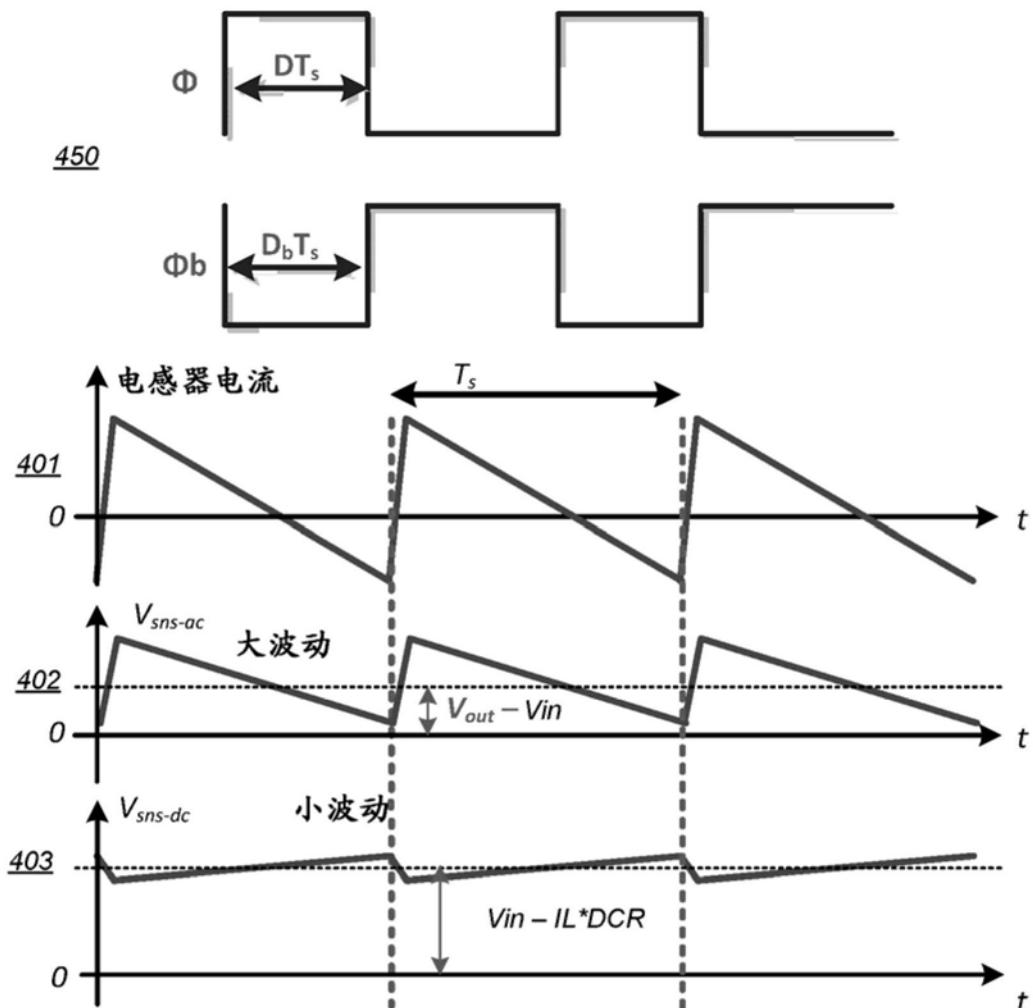


图4

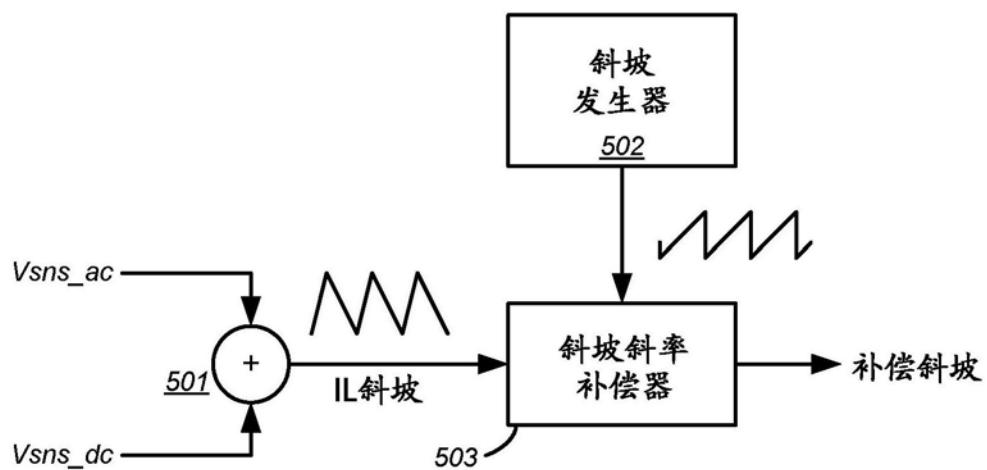


图5A

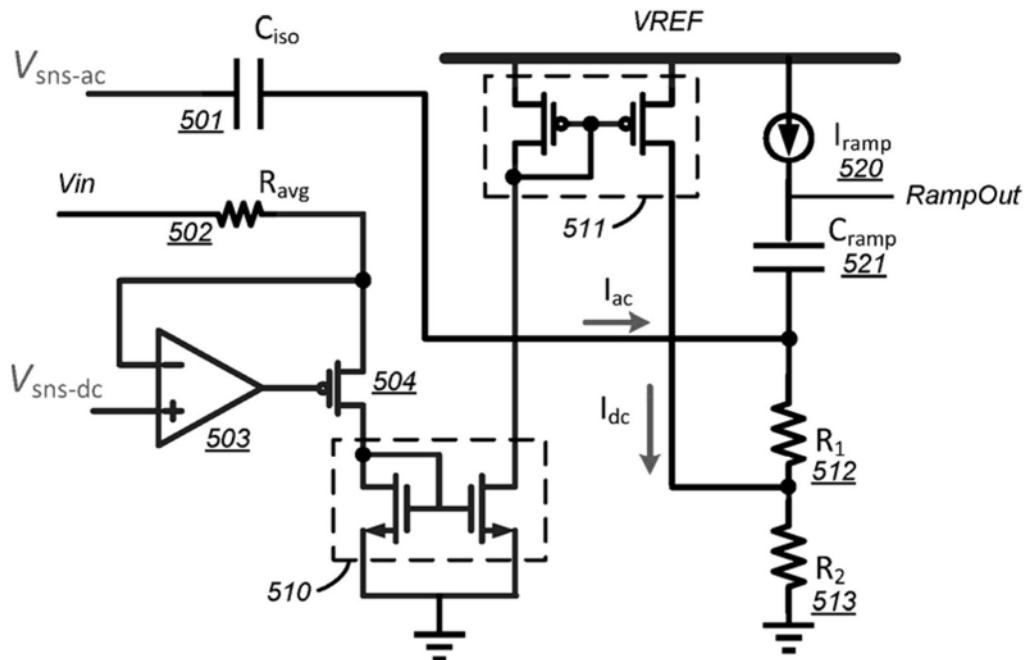
500

图5B

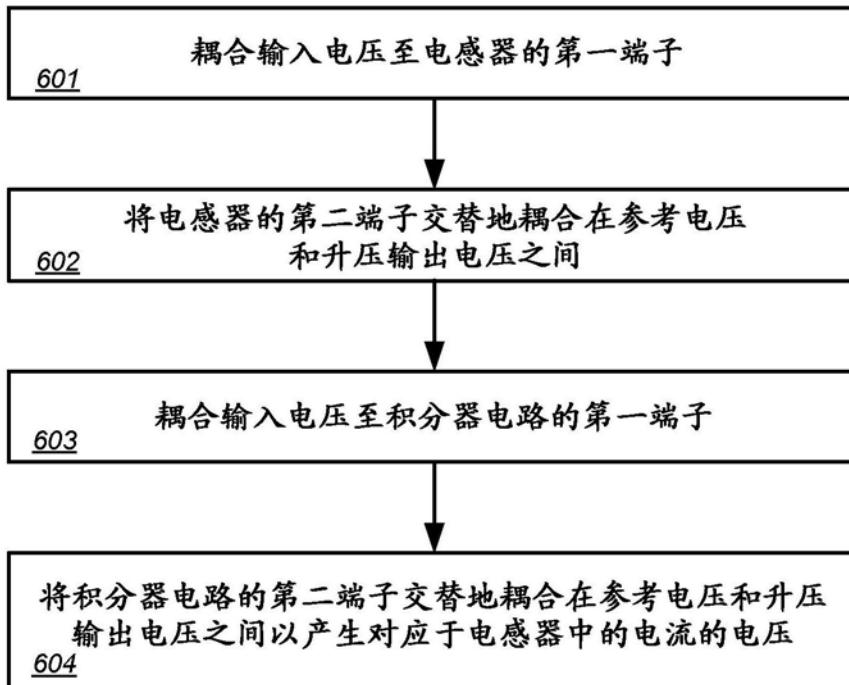


图6