



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102769386 A

(43) 申请公布日 2012. 11. 07

(21) 申请号 201210263990. 9

(22) 申请日 2012. 07. 27

(71) 申请人 成都芯源系统有限公司
地址 611731 四川省成都市高新西区出口加工区(西区)科新路8号

(72) 发明人 王斯然

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司 11021

代理人 王波波

(51) Int. Cl.
H02M 3/335(2006. 01)

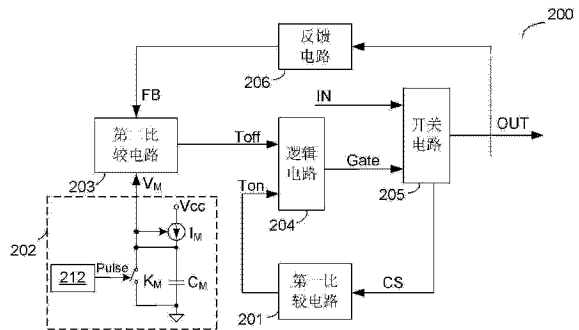
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 5 页

(54) 发明名称

开关变换器及其控制电路和控制方法

(57) 摘要

本发明公开了一种开关变换器及其控制电路和控制方法。该开关变换器包括具有主开关管的开关电路,该控制电路包括:第一比较电路,接收代表流过主开关管电流的电流检测信号,将电流检测信号与峰值电流信号相比较,产生导通时间控制信号;调制信号产生电路,产生调制信号,该调制信号的斜率随着调制信号的值而变;第二比较电路,接收调制信号和与开关电路输出相关的反馈信号,基于调制信号和反馈信号,产生关断时间控制信号;以及逻辑电路,耦接至第一和第二比较电路以接收导通时间控制信号和关断时间控制信号,基于导通时间控制信号和关断时间控制信号,产生控制所述主开关管导通与关断的控制信号。



1. 一种用于开关变换器的控制电路,该开关变换器包括具有主开关管的开关电路,该控制电路包括:

第一比较电路,接收代表流过主开关管电流的电流检测信号,将电流检测信号与峰值电流信号相比较,产生导通时间控制信号;

调制信号产生电路,产生调制信号,该调制信号的斜率随着调制信号的值而变;

第二比较电路,接收调制信号和与开关电路输出相关的反馈信号,基于调制信号和反馈信号,产生关断时间控制信号;以及

逻辑电路,耦接至第一和第二比较电路以接收导通时间控制信号和关断时间控制信号,基于导通时间控制信号和关断时间控制信号,产生控制所述主开关管导通与关断的控制信号。

2. 如权利要求 1 所述的控制电路,其中调制信号产生电路包括:

脉冲产生电路,用于产生放电脉冲信号;

电容器,具有第一端和第二端,其中第一端被用来提供调制信号,第二端接地;

放电开关管,具有第一端、第二端和控制端,其中第一端耦接至电容器的第一端,第二端接地,控制端耦接至脉冲产生电路以接收放电脉冲信号;以及

受控电流源,具有控制端、以及供电端和输出端,其中供电端耦接至供电电压,控制端和输出端均耦接至电容器的第一端,其中受控电流源的电流随调制信号值的增大而减小。

3. 如权利要求 2 所述的控制电路,其中调制信号产生电路进一步包括双向限幅电路,该双向限幅电路具有输入端和输出端,其中输入端耦接至电容器的第一端以接收调制信号,输出端耦接至受控电流源的控制端以提供电流控制信号,其中在调制信号的值小于第一阈值时,双向限幅电路将电流控制信号固定在最小值;当调制信号的值大于第二阈值时,双向限幅电路将电流控制信号固定在最大值。

4. 如权利要求 3 所述的控制电路,其中受控电流源具有第一控制端和第二控制端,第一控制端通过第一电压源耦接至地,双向限幅电路包括:

电阻器,具有第一端和第二端,其中第一端耦接至电容器的第一端,第二端耦接至受控电流源的第二控制端;

第一二极管,具有阳极和阴极,其中阳极耦接至电阻器的第二端;

第二直流源,耦接在第一二极管的阴极和地之间;

第二二极管,具有阳极和阴极,其中阴极耦接至电阻器的第二端;以及

第三直流源,耦接在第二二极管的阳极和地之间。

5. 如权利要求 3 所述的控制电路,其中调制信号产生电路进一步包括耦接在电容器第一端和双向限幅电路输入端之间的缓冲电路。

6. 如权利要求 1 所述的控制电路,其中:

当调制信号的值小于第一阈值时,调制信号的斜率被固定在最高限值;

当调制信号的值处于第一阈值和第二阈值之间时,调制信号的斜率随调制信号值的增大而减小;

当调制信号的值大于第二阈值时,调制信号的斜率被固定在最低限值。

7. 一种开关变换器,包括如权利要求 1 至 6 中任一项所述的控制电路。

8. 一种用于开关变换器的控制方法,该开关变换器包括具有主开关管的开关电路,该

控制方法包括：

将代表流过主开关管电流的电流检测信号与峰值电流信号相比较，产生导通时间控制信号；

产生调制信号，该调制信号的斜率随着调制信号的斜率而变；

将调制信号和与开关电路输出相关的反馈信号进行比较，产生关断时间控制信号；

基于导通时间控制信号和关断时间控制信号，产生控制所述主开关管导通与关断的控制信号。

9. 如权利要求 8 所述的控制方法，其中调制信号的斜率随调制信号值的增大而减小。

10. 如权利要求 9 所述的控制方法，其中：

当调制信号的值小于第一阈值，调制信号的斜率被固定在最高限值；

当调制信号的值处于第一阈值和第二阈值之间时，调制信号的斜率随调制信号值的增大而减小；

当调制信号的值大于第二阈值，调制信号的斜率被固定在最低限值。

开关变换器及其控制电路和控制方法

技术领域

[0001] 本发明主要涉及一种电子电路,尤其涉及开关变换器及其控制电路和控制方法。

背景技术

[0002] 开关变换器的功率损耗主要来自于开关管的导通损耗或者开关损耗。在重载的情况下,输出电流高,因此导通损耗占主要地位。在轻载或者待机情况下,输出电流低,开关管的开关损耗占主要地位。如果开关变换器在轻载时仍以原频率工作,显著的开关损耗会降低转换效率。为此,可通过降频的方式,减小轻载状态下开关变换器的开关损耗。

[0003] 一种常用的解决方案是采用易于实现轻载降频的关断时间控制方式。图 1 是一种现有的采用关断时间控制的开关变换器 100 的电路图。开关变换器 100 工作在电流断续模式,接收输入电压 V_{IN} ,为负载 150 提供输出电压 V_O 或输出电流 I_O 。开关变换器 100 包括开关电路、反馈电路 140 以及控制电路。其中开关电路采用反激变换拓扑,包括输入电容器 C_{IN} ,变压器 T,二极管 D、输出电容器 C_{OUT} 以及开关管 M。控制电路包括电容器 C_M 、电流源 I_{M0} 、放电开关管 S、第一比较电路 110、第二比较电路 120 以及触发器 130。电流源 I_{M0} 的一端耦接至供电电压 V_{CC} ,另一端耦接至电容器 C_M 和放电开关管 S 的一端,电容器 C_M 和放电开关管 S 的另一端接地。反馈电路 140 接收开关电路的输出信号 U_O (输出电压 V_O 、输出电流 I_O 或者两者的组合),产生反映负载状态的反馈信号 FB。第二比较电路 120 将反馈信号 FB 与电容器 C_M 两端的电压 V_{M0} 进行比较。第一比较电路 110 将代表流过开关管 M 电流的电流检测信号 CS 与峰值电流信号 V_{peak} 相比较。

[0004] 如图 1 所示,开关管 M 导通时,电流检测信号 CS 逐渐增大。当电流检测信号 CS 达到峰值电流信号 V_{peak} 时,第一比较电路 110 复位触发器 130,开关管 M 关断。当电容器 C_M 两端的电压 V_{M0} 大于反馈信号 FB 时,第二比较电路 120 置位触发器 130,开关管 M 再次导通。同时第二比较电路 120 输出脉冲信号 Pulse 至放电开关管 S 的控制端,导通放电开关管 S 一预设时长 T_p ,使电容器 C_M 两端的电压 V_{M0} 降为零。预设时长 T_p 结束后,放电开关管 S 断开,电流源 I_{M0} 重新为电容器 C_M 充电,电容器 C_M 两端的电压 V_{M0} 线性增长。当负载降低时,反馈信号 FB 增大,电流源 I_{M0} 对电容器 C_M 的充电时间变长,开关管 M 的关断时间变长,开关变换器 100 的工作频率降低。

[0005] 在实际的应用中,发明人发现电流源 I_{M0} 的选取存在的问题。例如,一方面我们希望电流源 I_{M0} 的电流尽量小,以在轻载时最大限度地减小开关变换器的工作频率,有效抑制轻载时的开关损耗。然而另一方面,我们又希望电流源 I_{M0} 的电流要足够大,以保证开关变换器工作在高频时,反馈信号 FB 能达到信号分辨率的要求(足够大,通常大于 50mV),以避免受到系统噪声的干扰。

发明内容

[0006] 针对现有技术中的一个或多个问题,本发明的目的是提供开关变换器及其控制电路和控制方法,其既能保证信号分辨率的要求,又能有效抑制开关变换器的开关损耗。

[0007] 在本发明一个方面,提出一种用于开关变换器的控制电路,该开关变换器包括具有主开关管的开关电路,该控制电路包括:第一比较电路,接收代表流过主开关管电流的电流检测信号,将电流检测信号与峰值电流信号相比较,产生导通时间控制信号;调制信号产生电路,产生调制信号,该调制信号的斜率随着调制信号的值而变;第二比较电路,接收调制信号和与开关电路输出相关的反馈信号,基于调制信号和反馈信号,产生关断时间控制信号;以及逻辑电路,耦接至第一和第二比较电路以接收导通时间控制信号和关断时间控制信号,基于导通时间控制信号和关断时间控制信号,产生控制所述主开关管导通与关断的控制信号。

[0008] 在本发明的另一个方面,提出一种开关变换器,包括如前所述的控制电路。

[0009] 在本发明的又一个方面,还提出一种用于开关变换器的控制方法,该开关变换器包括具有主开关管的开关电路,该控制方法包括:将代表流过主开关管电流的电流检测信号与峰值电流信号相比较,产生导通时间控制信号;产生调制信号,该调制信号的斜率随着调制信号的值而变;将调制信号和与开关电路输出相关的反馈信号进行比较,产生关断时间控制信号;基于导通时间控制信号和关断时间控制信号,产生控制所述主开关管导通与关断的控制信号。

附图说明

[0010] 为了更好的理解本发明,将根据以下附图对本发明进行详细描述:

[0011] 图 1 是一种现有的采用关断时间控制的开关变换器 100 的电路图;

[0012] 图 2 是根据本发明一实施例的开关变换器 200 的框图;

[0013] 图 3 是根据本发明一实施例的开关变换器 300 的电路图;

[0014] 图 4 是根据本发明一实施例的图 3 中开关变换器的波形图;

[0015] 图 5 是根据本发明一实施例的调制信号 V_M 与受控电流源 I_M 之间的关系示意图;

[0016] 图 6 是根据本发明一实施例的图 3 中调制信号产生电路 302 的电路图;

[0017] 图 7 是根据本发明一实施例的图 6 所示的调制信号产生电路 302 的波形图;

[0018] 图 8 是根据本发明一实施例的开关变换器控制方法 800 的流程图。

具体实施方式

[0019] 下面将详细描述本发明的具体实施例,应当注意,这里描述的实施例只用于举例说明,并不用于限制本发明。在以下描述中,为了提供对本发明的透彻理解,阐述了大量特定细节。然而,对于本领域普通技术人员显而易见的是:不必采用这些特定细节来实行本发明。在其他实例中,为了避免混淆本发明,未具体描述公知的电路、材料或方法。

[0020] 在整个说明书中,对“一个实施例”、“实施例”、“一个示例”或“示例”的提及意味着:结合该实施例或示例描述的特定特征、结构或特性被包含在本发明至少一个实施例中。因此,在整个说明书的各个地方出现的短语“在一个实施例中”、“在实施例中”、“一个示例”或“示例”不一定都指同一实施例或示例。此外,可以以任何适当的组合和、或子组合将特定的特征、结构或特性组合在一个或多个实施例或示例中。此外,本领域普通技术人员应当理解,在此提供的示图都是为了说明的目的,并且示图不一定是按比例绘制的。应当理解,当称“元件”“连接到”或“耦接”到另一元件时,它可以是直接连接或耦接到另一元件或者

可以存在中间元件。相反,当称元件“直接连接到”或“直接耦接到”另一元件时,不存在中间元件。相同的附图标记指示相同的元件。这里使用的术语“和/或”包括一个或多个相关列出的项目的任何和所有组合。

[0021] 图 2 是根据本发明一实施例的开关变换器 200 的框图,包括控制电路、开关电路 205 和反馈电路 206。开关电路 205 包括主开关管,通过主开关管的导通与关断将输入信号 IN 转换为输出信号 OUT。输入信号 IN 和输出信号 OUT 可为电压、电流或功率信号。开关电路 205 可采用任何直流/直流变换拓扑结构,例如同步或非同步的升压、降压变换器,以及正激、反激变换器等等。反馈电路 206 耦接至开关电路 205,采样开关电路的输出信号 OUT,产生与输出信号 OUT 相关的反馈信号 FB。在一个实施例中,反馈电路 206 可包括电阻分压器和误差放大器等。

[0022] 控制电路包括第一比较电路 201、调制信号产生电路 202、第二比较电路 203 以及逻辑电路 204。第一比较电路 201 耦接至开关电路 205,接收代表流过主开关管电流的电流检测信号 CS,并将电流检测信号 CS 与峰值电流信号相比较,产生导通时间控制信号 T_{on} ,以控制开关电路 205 中主开关管的导通时间。

[0023] 调制信号产生电路 202 用于提供调制信号 V_M ,该调制信号 V_M 的斜率随着调制信号 V_M 的值而变。在一个实施例中,调制信号 V_M 的值越大,调制信号 V_M 的上升斜率越小,反之亦然。第二比较电路 203 耦接至调制信号产生电路 202 和反馈电路 206,将调制信号 V_M 和反馈信号 FB 相比较,产生关断时间控制信号 T_{off} ,以控制开关电路 205 主开关管的关断时间。逻辑电路 204 耦接至第一比较电路 201 和第二比较电路 203,基于导通时间控制信号 T_{on} 和关断时间控制信号 T_{off} ,产生控制信号 Gate,以控制主开关管的导通与关断。

[0024] 在一个实施例中,调制信号产生电路 202 包括电容器 C_M 、放电开关管 K_M 、受控电流源 I_M 和用于产生放电脉冲信号 Pulse 的脉冲产生电路 212。电容器 C_M 具有第一端和第二端,其中第一端被用以提供调制信号 V_M ,第二端接地。放电开关管 K_M 具有第一端、第二端和控制端,其中第一端耦接至电容器 C_M 的第一端,第二端接地,控制端耦接至脉冲产生电路 212 以接受放电脉冲信号 Pulse。受控电流源 I_M 具有控制端、供电端和输出端,其中控制端耦接至电容器 C_M 的第一端以接收调制信号 V_M ,供电端耦接至供电电压 V_{cc} ,输出端耦接至电容器 C_M 的第一端,为电容器 C_M 提供充电电流。

[0025] 受控电流源 I_M 的控制端耦接至调制信号 V_M ,受控电流源 I_M 的电流随着调制信号 V_M 的值而变化,因此电容器 C_M 两端电压的上升斜率,即调制信号 V_M 的斜率也随调制信号 V_M 的值而变化。在一个实施例中,当调制信号 V_M 的值增大时,受控电流源 I_M 的电流减小,调制信号 V_M 的上升斜率减小;当调制信号 V_M 的值减小时,受控电流源 I_M 的电流增大,调制信号 V_M 的上升斜率增大。

[0026] 图 3 为根据本发明一实施例的开关变换器 300 的电路图。开关变换器 300 包括控制电路、开关电路和反馈电路。开关电路采用反激变换拓扑,接收输入电压 V_{IN} ,为负载提供输出电压 V_{OUT} 。开关电路包括变压器 T、主开关管 M,副边二极管 D 以及输出电容器 C_{OUT} ,其连接如图所示。变压器 T 包括原边绕组 N_p ,副边绕组 N_s 和辅助绕组 N_a 。在图 3 所示的实施例中,主开关管 M 为 MOSFET。在其它实施例中,主开关管 M 可采用其他类型合适的晶体管。

[0027] 如图 3 所示,反馈电路包括电阻分压电路 307、采样保持电路 308 以及误差放大器 EA。电阻分压电路 307 包括电阻器 R1 和 R2,耦接至变压器 T 的辅助绕组 N_a 的两端,对辅助

绕组 Na 两端的电压进行分压,得到一电压采样信号 V_{s_0} 。采样保持电路 308 耦接至电阻分压电路 308 的输出端以接收电压采样信号 V_{s_0} ,并在其输出端产生一代表开关电路输出电压 V_{OUT} 的电压检测信号 V_s 。误差放大器 EA 具有接收电压检测信号 V_s 的同相输入端和接收基准参考电压 V_{ref} 的反相输入端,误差放大器 EA 在其输出端产生与开关电路输出相关的反馈信号 FB。在其它实施例中,反馈电路耦接至开关电路的输出端,采样开关电路的输出电压 V_{OUT} ,并产生一与开关电路输出电压 V_{OUT} 相关的反馈信号 FB。在其中一个实施例中,反馈电路包括光电耦合器件和三端稳压器件。

[0028] 控制电路包括第一比较电路 301、调制信号产生电路 302,第二比较电路 303 和逻辑电路 304。第一比较电路 301 包括比较器 COM1。比较器 COM1 具有同相输入端、反相输入端和输出端,其中同相输入端接收电流检测信号 CS,反相输入端耦接至峰值电流信号 V_{peak} ,输出端提供导通时间控制信号 T_{on} ,以控制开关电路中主开关管 M 的导通时间。许多公知的采样开关管电流方法中的任何一个方法,例如电流变压器或者采样电阻器,都可用于检测流过主开关管 M 的电流。

[0029] 调制信号产生电路 302 包括电容器 C_M 、放电开关管 K_M 、受控电流源 I_M 和脉冲产生电路 312。脉冲产生电路 312 用于产生放电脉冲信号 Pulse,以控制放电开关管 K_M 的导通与关断。在放电脉冲信号 Pulse 的每个工作周期内,当放电脉冲信号 Pulse 为低电平时,放电开关管 K_M 处于关断状态,受控电流源 I_M 对电容器 C_M 充电,电容器 C_M 两端的电压(即调制信号 V_M)从零开始非线性增长;当放电脉冲信号 Pulse 为高电平时,放电开关管 K_M 导通,电容器 C_M 两端的电压降至零。

[0030] 第二比较电路 303 包括比较器 COM2。比较器 COM2 具有同相输入端、反相输入端以及输出端,其中同相输入端耦接至调制信号产生电路 302 以接收调制信号 V_M ,反相输入端耦接至反馈电路以接收反馈信号 FB,输出端提供关断时间控制信号 T_{off} ,以控制开关电路中主开关管 M 的关断时间。

[0031] 逻辑电路 304 包括触发器 FF,其中触发器 FF 的复位端 R 耦接至第一比较电路 301 的输出端,接收导通时间控制信号 T_{on} 。触发器 FF 的置位端 S 耦接至第二比较电路 303 的输出端,接收关断时间控制信号 T_{off} 。基于导通时间控制信号 T_{on} 和关断时间控制信号 T_{off} ,触发器 FF 在其输出端 Q 产生控制信号 Gate。控制信号 Gate 被用来控制主开关管 M 的导通和断开。本领域普通技术人员应该意识到,控制信号 Gate 通常会经过驱动电路加强驱动能力后再控制主开关管 M 的通断。

[0032] 在一个实施例中,控制电路是集成电路或者离散的电子元器件。在另一个实施例中,控制电路与开关电路 306 中的主开关管 M 以及反馈电路中的误差放大器 EA 集成在同一个控制 IC 中。

[0033] 图 4 是根据本发明一实施例的图 3 中开关变换器 300 的波形图。如图 4 所示,在每个工作周期内,当主开关管 M 导通,流过主开关管 M 的电流 I_p 开始增大,电流检测信号 CS 也增大。当电流检测信号 CS 达到峰值电流信号 V_{peak} 时,第一比较电路 301 产生高电平的导通时间控制信号 T_{on} ,触发产生低电平的控制信号 Gate 以关断主开关管 M。当调制信号 V_M 的值大于反馈信号 FB,第二比较电路 303 产生高电平的关断时间控制信号 T_{off} ,触发产生高电平的控制信号 Gate 将主开关管 M 重新导通。然后开关电路进入下一个开关周期,并如上所述运行。

[0034] 如前所述,调制信号 V_M 的斜率随着调制信号 V_M 的值而变。如图 4 所示,当负载较重时,反馈信号 FB 小,调制信号 V_M 的值也较小,调制信号 V_M 的上升斜率相应较大,调制信号 V_M 可在较短时间内快速上升至反馈信号 FB,满足开关变换器对信号分辨率的要求。随着负载变轻,反馈信号 FB 增大,调制信号 V_M 的值随之增大,调制信号 V_M 的上升斜率变小,减缓了调制信号 V_M 达到反馈信号 FB 的速率,因此受控电流源 I_M 为电容器 C_M 充电的时间变得更长,开关频率被极大地降低,从而满足了开关变换器对效率的要求。

[0035] 图 5 是根据本发明一实施例的调制信号 V_M 与受控电流源 I_M 的关系示意图。根据调制信号 V_M 的值来调整受控电流源 I_M 的电流量,并根据受控电流源 I_M 的电流量来控制调制信号 V_M 的斜率。受控电流源 I_M 的电流量越大,调制信号 V_M 的斜率越小,反之亦然。受控电流源 I_M 的电流量与调制信号 V_M 的关系为:a). 当调制信号 V_M 小于等于第一阈值 V_{M1} 时,受控电流源 I_M 的电流量被固定在最大值 I_{MAX} ;b). 当调制信号 V_M 处于第一阈值 V_{M1} 和第二阈值 V_{M2} 之间时,受控电流源 I_M 的电流量随调制函数 $f(V_M)$ 变化;c). 当调制信号 V_M 大于第二阈值 V_{M2} ,受控电流源 I_M 的电流量被固定在最小值 I_{MIN} 。如图 4 所示,受控电流源 I_M 的电流量与调制信号 V_M 的函数关系式为:

$$[0036] \quad I_M = \begin{cases} I_{MAX} & V_M < V_{M1} \\ f(V_M) & V_{M1} < V_M < V_{M2} \\ I_{MIN} & V_M > V_{M2} \end{cases} \quad (1)$$

[0037] 其中调制函数 $f(V_M)$ 应满足如下三个条件:

[0038] a). $f(V_{M1}) = I_{MAX}$;

[0039] b). $f(V_{M2}) = I_{MIN}$;

[0040] c). $f(V_M)$ 随着 V_M 的增大而减小。

[0041] 在一个实施例中,调制函数 $f(V_M)$ 可以是:

$$[0042] \quad f(V_M) = I_{MAX} - \frac{I_{MAX} - I_{MIN}}{V_{M2} - V_{M1}}(V_M - V_{M1}) \quad (2)$$

[0043] 尽管在图 3 中给出了特定的调制信号产生电路 302,在其它实施例中,还可以采用其他电路结构来产生非线性增长的调制信号 V_M ,例如数字的方式。

[0044] 图 6 是根据本发明一实施例的图 3 中调制信号产生电路 302 的电路图。调制信号产生电路 302 包括电容器 C_M 、放电开关管 K_M 、受控电流源 I_M 以及脉冲信号产生电路 312。在一个实施例中,调制信号产生电路 302 还包括双向限幅电路 313 和缓冲电路 314。

[0045] 缓冲电路 314 用于对调制信号 V_M 进行隔离和驱动。在一个实施例中,缓冲电路 314 包括缓冲器。在进一步的实施例中,缓冲器包括运算放大器,该运算放大器的同相输入端作为缓冲器的输入端,该运算放大器的反相输入端与输出端电耦接在一起,作为缓冲器的输出端。在另一个实施例中,缓冲电路 314 包括缓冲器和与缓冲器串联的电阻器。

[0046] 如图 6 所示,双向限幅电路 313 和缓冲电路 314 分别具有输入端和输出端,其中缓冲电路 314 的输入端耦接至电容器 C_M 的第一端以接收调制信号 V_M ,缓冲电路 314 的输出端耦接至双向限幅电路 313 的输入端,双向限幅电路 313 的输出端耦接至受控电流源 I_M 的控制端以提供电流控制信号。在一个实施例中,当调制信号 V_M 的值小于第一阈值时,双向限幅电路 313 将电流控制信号固定在最小值;当调制信号 V_M 的值大于第二阈值时,双向限幅

电路 313 将电流控制信号固定在最大值。

[0047] 如图 6 所示的实施例中,受控电流源具有第一控制端 V_+ 和第二控制端 V_- ,第一控制端 V_+ 通过电压源 V_1 耦接至地。双向限幅电路 313 包括电阻器 R_0 ,二极管 D_2 和 D_3 以及直流电压源 V_2 和 V_3 。电阻器 R_0 的一端耦接至缓冲电路 313 的输出端,另一端耦接至受控电流源 I_M 的第二控制端 V_- 、二极管 D_2 的阴极和二极管 D_3 的阳极。二极管 D_2 的阳极经直流电压源 V_2 耦接至地,二极管 D_3 的阴极经直流电压源 V_3 耦接至地。

[0048] 其中,电阻器 R_0 、二极管 D_2 和直流电压源 V_2 组成下限限幅器,当 $V_M < V_2$,二极管 D_2 导通,受控电流源 I_M 第二控制端 V_- 的电压为 V_2 ;电阻器 R_0 、二极管 D_3 和直流电压源 V_3 组成上限限幅器,当 $V_M > V_3$,二极管 D_3 导通,受控电流源 I_M 第二控制端 V_- 的电压为 V_3 。将上、下限限幅器组合在一起,组成如图 6 中所示的双向限幅电路 313。此外,在图 6 所示的实施例中,由于直流电压源 V_1 耦接在受控电流源 I_M 的第一控制端 V_+ 与地之间,受控电流源 I_M 电流控制信号的最小值为 $V_1 - V_3$,最大值为 $V_1 - V_2$ 。

[0049] 放电脉冲产生电路 312 用于产生放电脉冲信号 $Pulse$ 。在一个实施例中,放电脉冲信号 $Pulse$ 与主开关管 M 的导通时间 $tonp$ 、副边二极管 D 的导通时间 $tons$ 以及断续时间 $tdcm$ 有关。当主开关管 M 导通或副边二极管 D 导通时,放电脉冲信号 $Pulse$ 保持高电平,放电开关管 K_M 导通;当主开关管 M 和副边二极管 D 均不导通时,放电脉冲信号 $Pulse$ 保持低电平,放电开关管 K_M 关断。

[0050] 在图 6 所示的实施例中,放电脉冲产生电路 312 包括检测电路 310 和或门 325。检测电路 310 用于检测副边导通时间 $tons$,以产生反映副边导通时间的脉冲信号 $Tons$ 。检测电路 310 包括触发器 320、第一非门 321、第二非门 322、第一和第二上升沿检测电路 323 和 324 以及比较器 $COM3$ 。触发器 320 具有置位端 S 、复位端 R 以及输出端 Q 。第一非门 321 具有输入端和输出端,其输入端耦接至控制信号 $Gate$,输出端耦接至第一上升沿检测电路 323 的输入端。第一上升沿检测电路 323 的输出端接触发器 320 的置位端 S 。比较器 $COM3$ 具有同相输入端、反相输入端和输出端,其中同相输入端耦接至参考信号 V_{REFX} (例如 100mV),反相输入端耦接至图 3 所示的电压采样信号 V_{S0} ,输出端耦接至第二非门 322 的输入端。第二非门 322 的输出端耦接至第二上升沿检测电路 324 的输入端。第二上升沿检测电路 325 的输出端耦接至触发器 320 的复位端。触发器 320 在其输出端,即在检测电路 310 的输出端产生反映副边导通时间的脉冲信号 $Tons$ 。

[0051] 或门 325 具有第一输入端、第二输入端以及输出端,其中第一输入端耦接至检测电路 310 的输出端(即触发器 320 的输出端),第二输入端耦接至控制信号 $Gate$,输出端耦接至放电开关管 K_M 的控制端以提供放电脉冲信号 $Pulse$ 。

[0052] 在一个实施例中,例如开关电路为升压变换拓扑时,放电脉冲信号 $Pulse$ 与电感电流上升时间、电感电流下降时间以及电感电流为零时间有关。在电感电流上升或电感电流下降的时间段内,放电脉冲信号 $Pulse$ 保持高电平,放电开关管 K_M 导通;在电感电流为零的时间段内,放电脉冲信号 $Pulse$ 保持低电平,放电开关管 K_M 关断。

[0053] 图 7 是根据本发明一实施例的图 6 所示的调制信号产生电路 302 的波形图。当控制信号 $Gate$ 的下降沿来临,即副边二极管 D 开始导通时,脉冲信号 $Tons$ 跳变为高电平;当电压采样信号 V_{S0} 的下降沿来临,即副边二极管 D 导通结束时,脉冲信号 $Tons$ 跳变为低电平。在脉冲信号 $Tons$ 为高电平期间和控制信号 $Gate$ 为高电平期间,放电脉冲信号 $Pulse$

保持高电平,否则放电脉冲信号 Pulse 为低电平。

[0054] 在一个实施例中,放电脉冲产生电路 312 可包括能产生如图 7 所示的放电脉冲信号 Pulse 的其它电路结构,例如,放电脉冲产生电路 312 可包括计时主开关管 M 导通时间 t_{onp} 的计时器 Count1、计时副边二级管导通时间 t_{ons} 的计时器 Count2 和计时断续时间 t_{dcm} 的计时器 Count3。当计时器 Count1 或 Count2 计时时,放电脉冲产生电路 312 输出高电平;当计时器 Count3 计时时,放电脉冲产生电路 312 输出低电平。

[0055] 在另一个实施例中,脉冲产生电路 312 可包括单稳态触发器,单稳态触发器耦接在图 3 所示的第二比较电路 303 的输出端与放电开关管 K_M 的控制端之间。当关断时间控制信号 T_{off} 为高时,单稳态触发器输出高电平脉冲导通放电开关管 K_M 一预设时长 T_p ,使电容器 C_M 两端的电压降为零。预设时长 T_p 结束后,放电开关管 K_M 关断,电流源 I_M 重新为电容器 C_M 充电。

[0056] 图 8 是根据本发明一实施例的用于开关变换器的控制方法 800 的流程图,该开关变换器包括具有主开关管的开关电路,该控制方法 800 包括步骤 801 ~ 804。

[0057] 步骤 801:将代表流过主开关管电流的电流检测信号与峰值电流信号相比较,产生导通时间控制信号,以控制主开关管的导通时间。

[0058] 步骤 802:产生调制信号,该调制信号的斜率随调制信号的值而变。在一个实施例中,调制信号的斜率随调制信号值的增大而减小。

[0059] 步骤 803:将调制信号和与开关电路输出相关的反馈信号相比较,产生关断时间控制信号,以控制主开关管的关断时间。

[0060] 步骤 804:基于导通时间控制信号和关断时间控制信号,产生控制主开关管导通与关断的控制信号。

[0061] 在一个实施例中,当调制信号的值小于第一阈值,调制信号的斜率被固定在最高限值;当调制信号的值处于第一阈值和第二阈值之间时,调制信号的斜率随调制信号值的增大而减小;当调制信号的值大于第二阈值,调制信号的斜率被固定在最低限值。

[0062] 上述的一些特定实施例仅仅以示例性的方式对本发明进行说明,这些实施例不是完全详尽的,并不用于限定本发明的范围。对于公开的实施例进行变化和修改都是可能的,其他可行的选择性实施例和对实施例中元件的等同变化可以被本技术领域的普通技术人员所了解。本发明所公开的实施例的其他变化和修改并不超出本发明的精神和保护范围。

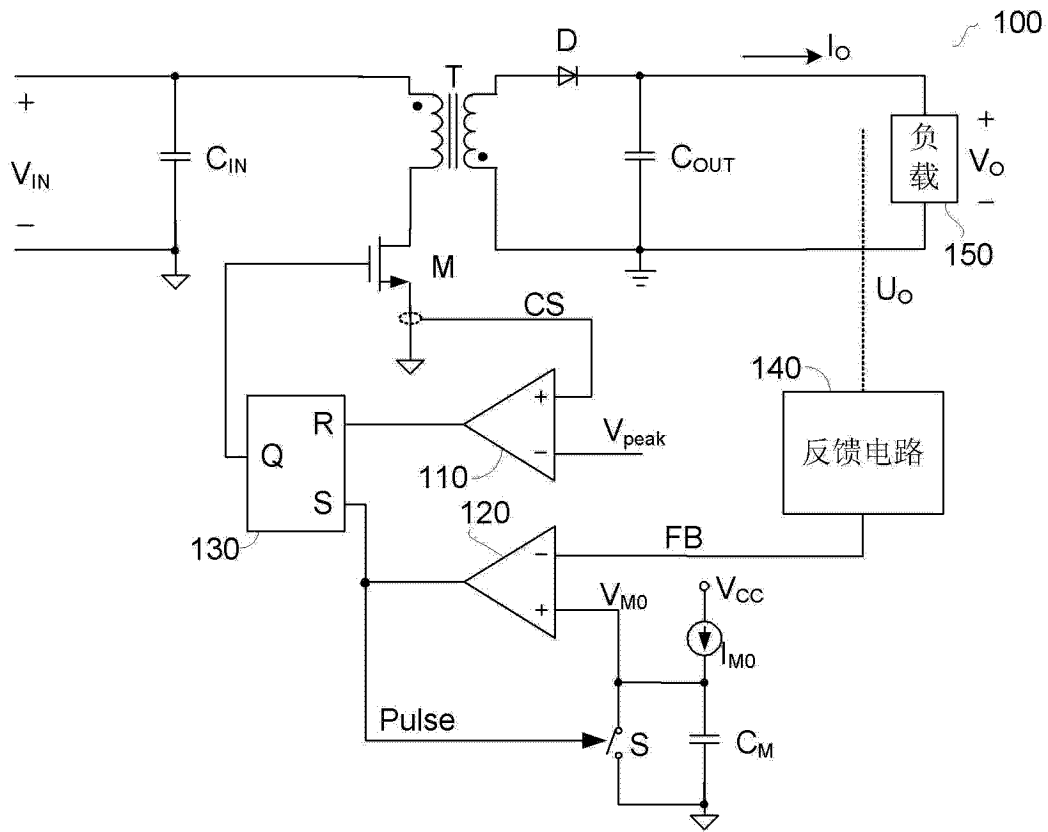


图 1

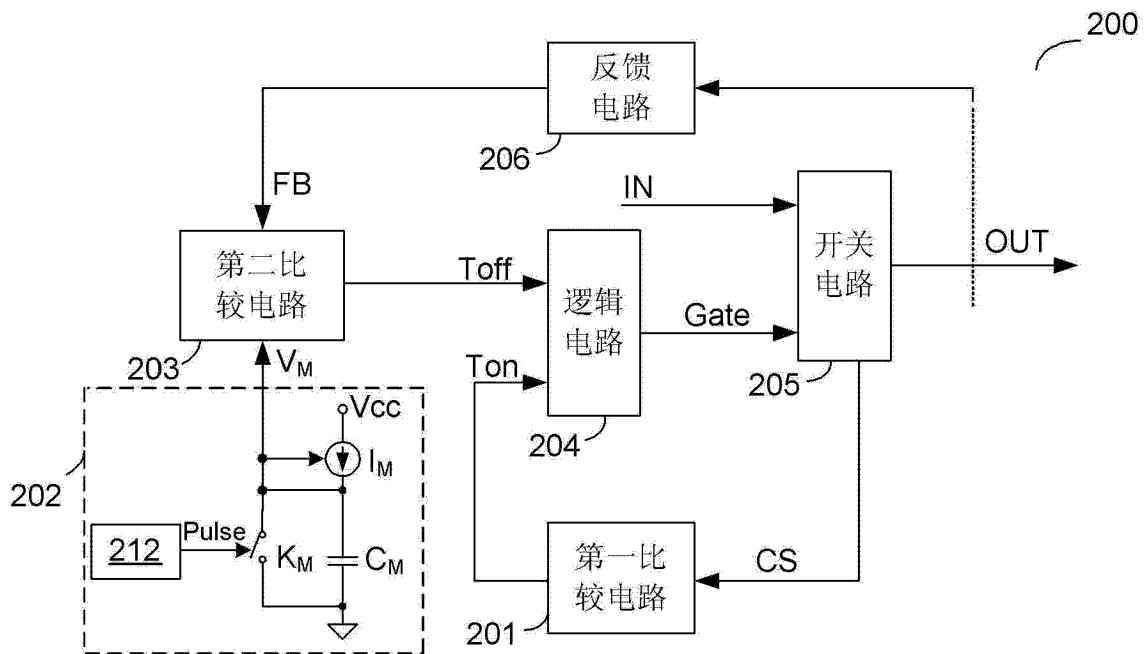


图 2

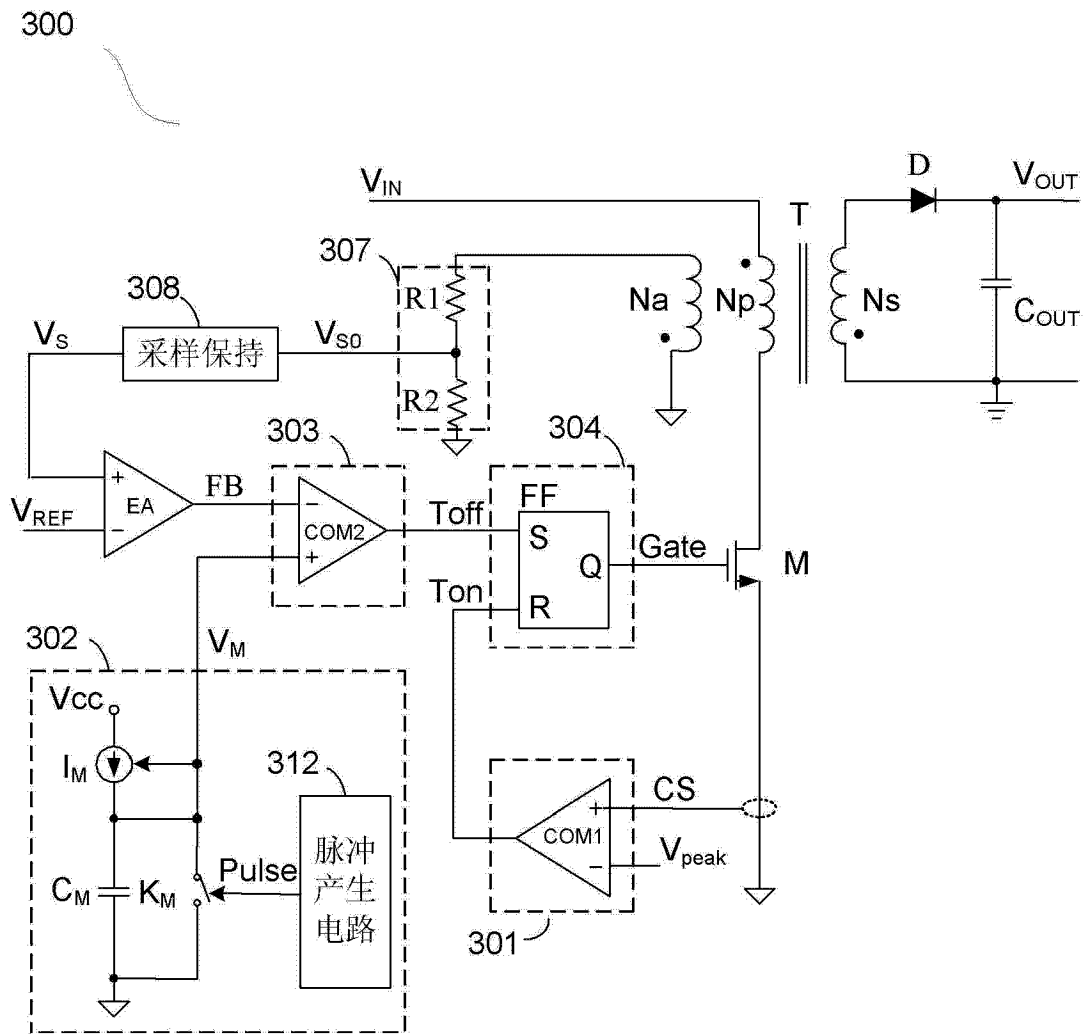


图 3

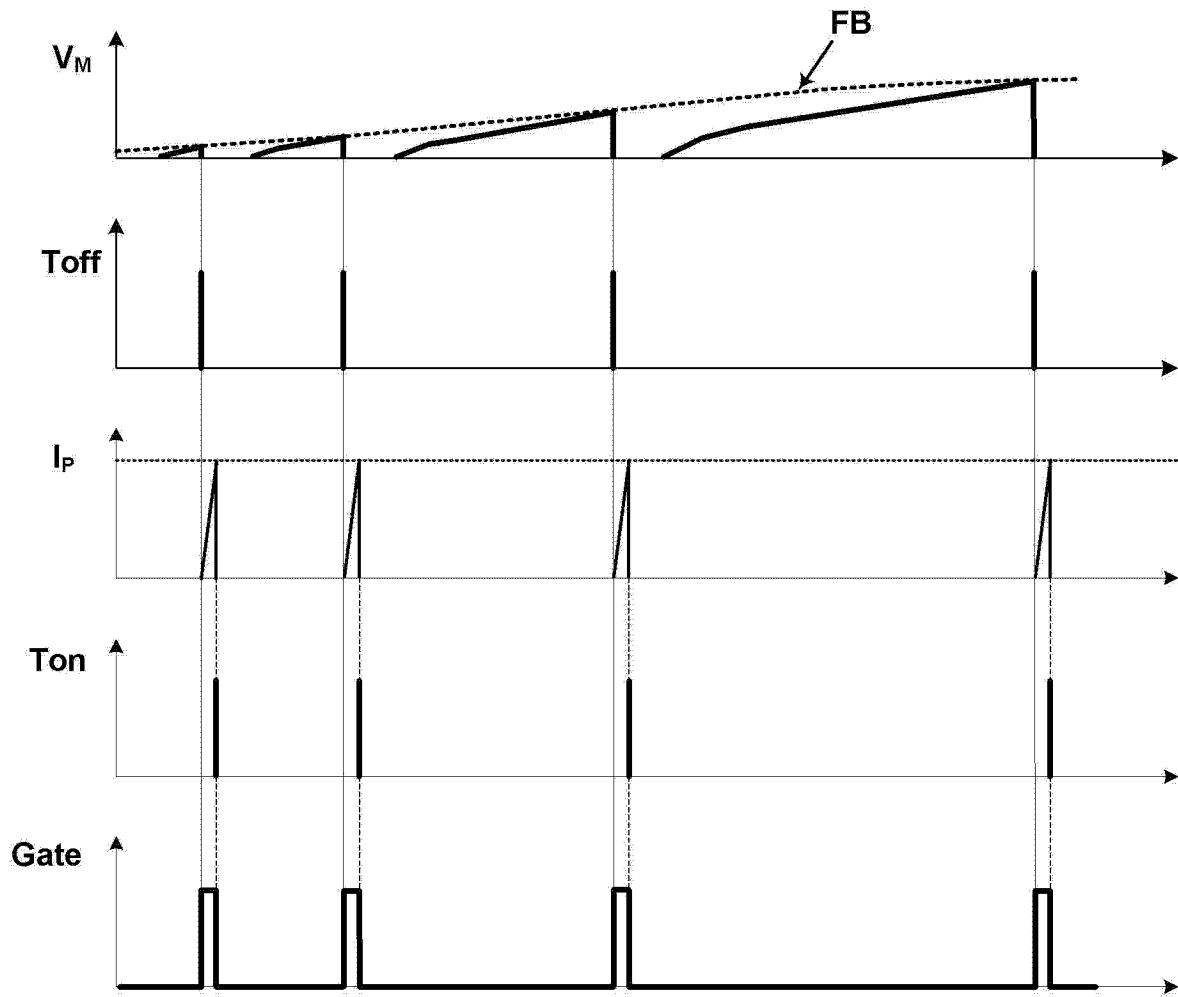


图 4

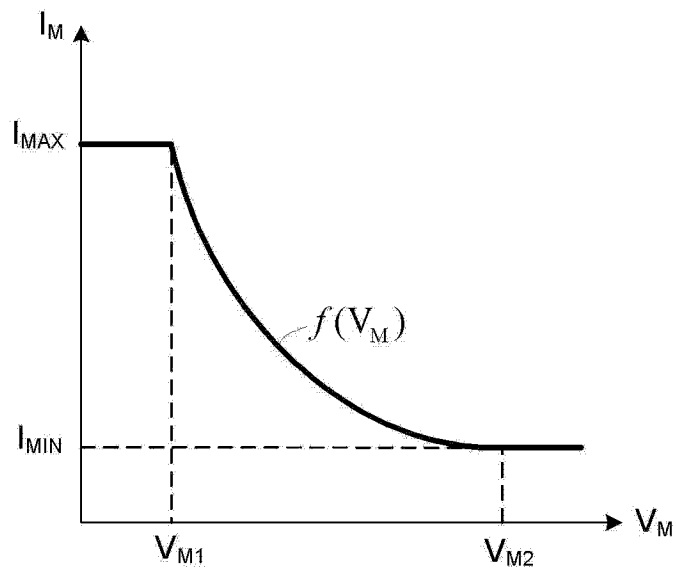


图 5

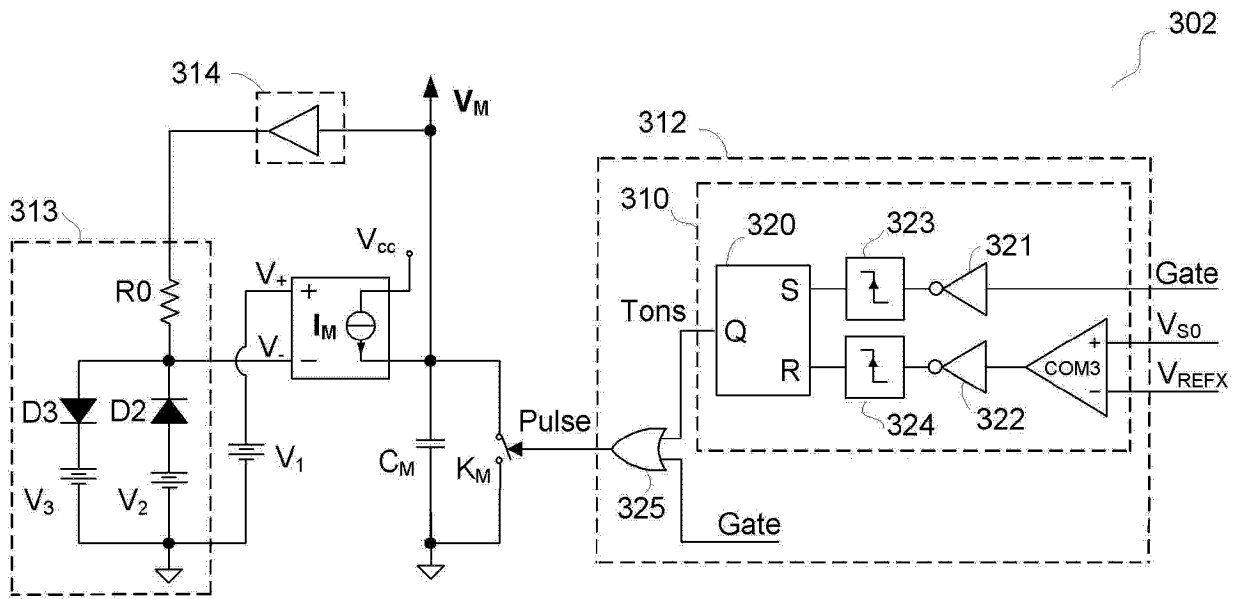


图 6

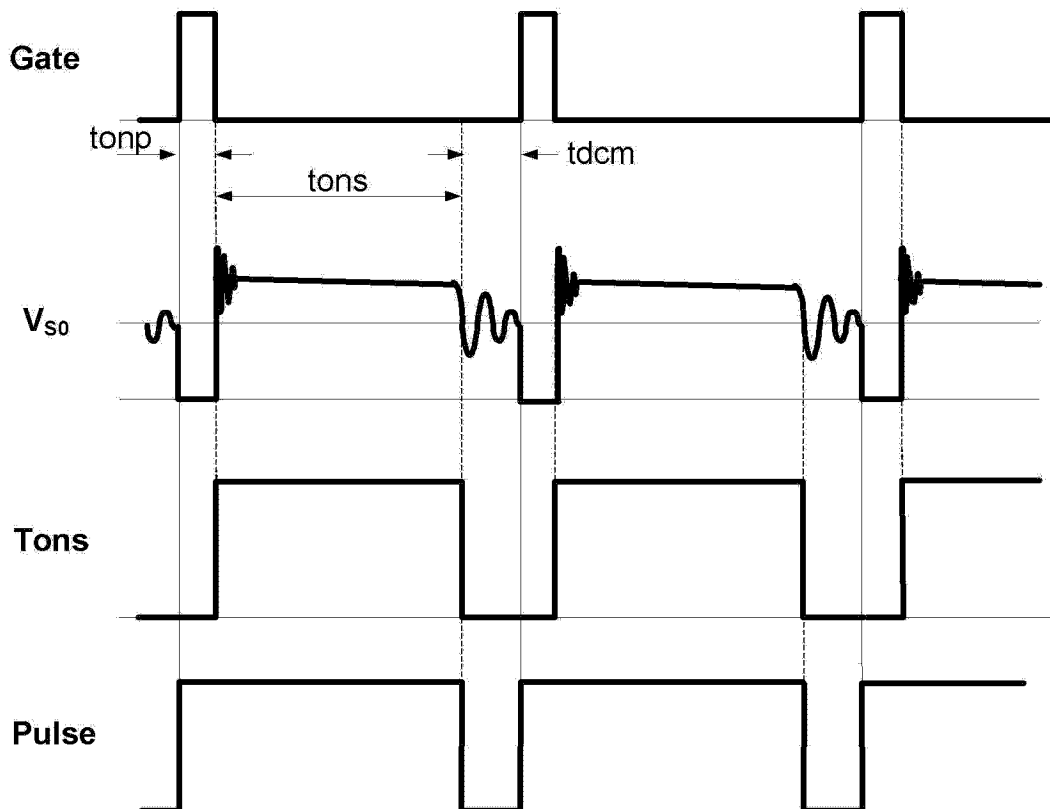


图 7

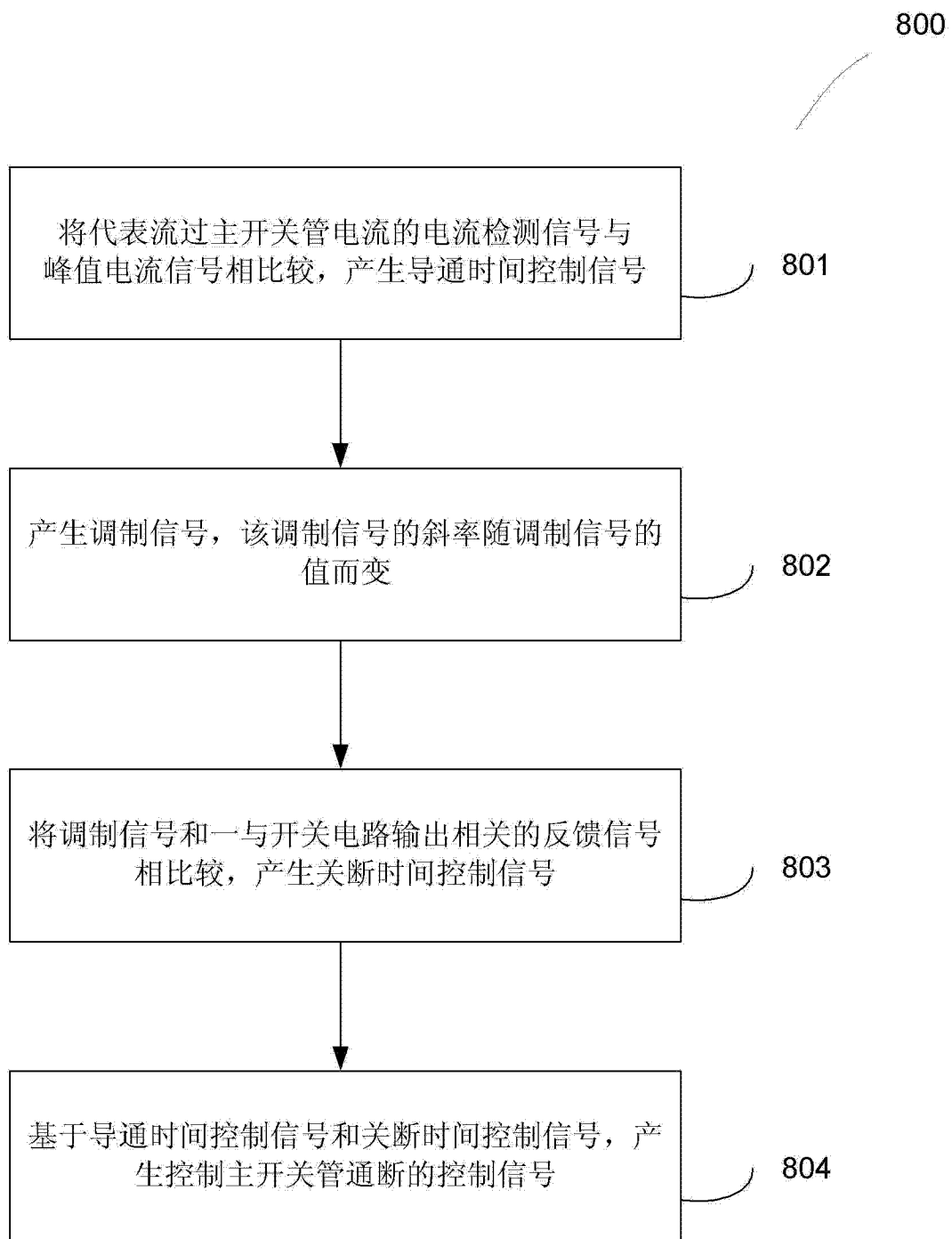


图 8