



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103762841 B

(45) 授权公告日 2016. 04. 13

(21) 申请号 201410043097. 4

CN 1950995 A, 2007. 04. 18,

(22) 申请日 2014. 01. 28

CN 103490622 A, 2014. 01. 01,

(73) 专利权人 华南理工大学

审查员 王宁

地址 510640 广东省广州市天河区五山路  
381 号

(72) 发明人 张波 付坚 丘东元

(74) 专利代理机构 广州粤高专利商标代理有限  
公司 44102

代理人 何淑珍

(51) Int. Cl.

H02M 3/07(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 103490621 A, 2014. 01. 01,

CN 203722473 U, 2014. 07. 16,

US 2013/0077362 A1, 2013. 03. 28,

US 2011/0057639 A1, 2011. 03. 10,

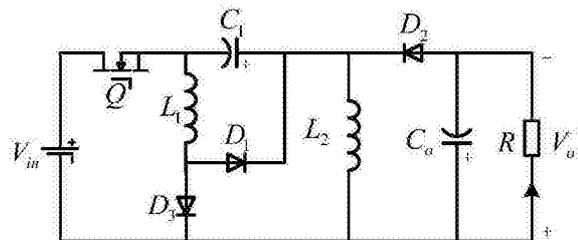
权利要求书1页 说明书3页 附图5页

(54) 发明名称

一种嵌入式单开关 Buck-Boost 变换器

(57) 摘要

本发明提供一种嵌入式单开关 Buck-Boost 变换器。本发明以直流电源、开关管、第一电容、第二电感、第二二极管、第二电容和负载构成主 Buck-Boost 变换器；以直流电源、开关管、第一电容、第一电感、第一二极管和第三二极管构成嵌入 Buck-Boost 变换器。当开关管开通时，直流电源给第一电感充电，直流电源和第一电容共同给第二电感充电，同时第二电容给负载供电；当开关管关断时，第一电感给第一电容充电，同时第二电感给第二电容和负载供电。仅使用一个开关管实现一个 Buck-Boost 变换器嵌入到另一个 Buck-Boost 变换器中，增益可以达到  $D/(1-D)^2$ 。



1. 一种嵌入式单开关Buck-Boost变换器,其特征在于:以直流电源( $V_{in}$ )、开关管(Q)、第一电容( $C_1$ )、第二电感( $L_2$ )、第二二极管( $D_2$ )、第二电容( $C_o$ )和负载(R)构成主Buck-Boost变换器;以直流电源( $V_{in}$ )、开关管(Q)、第一电容( $C_1$ )、第一电感( $L_1$ )、第一二极管( $D_1$ )和第三二极管( $D_3$ )构成嵌入Buck-Boost变换器;直流电源( $V_{in}$ )的正极与开关管(Q)的漏极连接,开关管(Q)的源极与第一电容( $C_1$ )的负极、第一电感( $L_1$ )的一端连接,第一电感( $L_1$ )的另一端与第一二极管( $D_1$ )的阳极、第三二极管( $D_3$ )的阳极连接,第一二极管( $D_1$ )的阴极与第一电容( $C_1$ )的正极、第二二极管( $D_2$ )的阴极、第二电感( $L_2$ )的一端连接,第二电感( $L_2$ )的另一端与直流电源( $V_{in}$ )的负极、第三二极管( $D_3$ )的阴极、第二电容( $C_o$ )的正极、负载(R)的一端连接,负载(R)的另一端与第二二极管( $D_2$ )的阳极、第二电容( $C_o$ )的负极连接。

2. 根据权利要求1所述的一种嵌入式单开关Buck-Boost变换器,其特征在于:当开关管(Q)开通时,直流电源( $V_{in}$ )给第一电感( $L_1$ )充电,直流电源( $V_{in}$ )和第一电容( $C_1$ )共同给第二电感( $L_2$ )充电,同时第二电容( $C_o$ )给负载(R)供电;当开关管(Q)关断时,第一电感( $L_1$ )给第一电容( $C_1$ )充电,同时第二电感( $L_2$ )给第二电容( $C_o$ )和负载(R)供电。

3. 根据权利要求1所述的一种嵌入式单开关Buck-Boost变换器,其特征在于:变换器的工作模式包括第一电感( $L_1$ )的电流和第二电感( $L_2$ )的电流均工作于连续导通模式,和第一电感( $L_1$ )的电流工作于连续导通模式而第二电感( $L_2$ )的电流工作于断续导通模式。

## 一种嵌入式单开关Buck-Boost变换器

### 技术领域

[0001] 本发明涉及高增益非隔离型DC-DC变换器领域,具体涉及一种嵌入式单开关Buck-Boost变换器。

### 背景技术

[0002] 近年来,高增益升压DC-DC变换器广泛用于UPS、分布式光伏发电和电池储能系统。目前,高增益升压DC-DC变换器有开关电容型、开关电感型,通过增加开关电容或电感来实现电压的升高,同时也使电路结构变得很复杂。此外,还有通过隔离变压器或耦合电感来实现高增益,然而变压器和耦合电感的漏感难以控制,会极大地增加器件的应力和能量损耗。此外,嵌入式DC-DC变换器可以实现高增益,同样受到很大的青睐,若将基本的Buck-Boost变换器嵌入到另一个Buck-Boost变换器中,可以得到结构简单的高增益级联变换器,但是如何使用一个开关管实现高增益嵌入式变换器仍是个难题。

### 发明内容

[0003] 本发明的目的在于克服上述现有技术的不足,提出一种嵌入式单开关Buck-Boost变换器。

[0004] 本发明采用的技术方案如下。

[0005] 一种嵌入式单开关Buck-Boost变换器,以直流电源、开关管、第一电容、第二电感、第二二极管、第二电容和负载构成主Buck-Boost变换器;以直流电源、开关管、第一电容、第一电感、第一二极管和第三二极管构成嵌入Buck-Boost变换器。

[0006] 上述的嵌入式单开关Buck-Boost变换器中,直流电源的正极与开关管的漏极连接,开关管的源极与第一电容的负极、第一电感的一端连接,第一电感的另一端与第一二极管的阳极、第三二极管的阳极连接,第一二极管的阴极与第一电容的正极、第二二极管的阴极、第二电感的一端连接,第二电感的另一端与直流电源的负极、第三二极管的阴极、第二电容的正极、负载的一端连接,负载的另一端与第二二极管的阳极、第二电容的负极连接。

[0007] 上述的嵌入式单开关Buck-Boost变换器中,当开关管开通时,直流电源给第一电感充电,直流电源和第一电容共同给第二电感充电,同时第二电容给负载供电;当开关管关断时,第一电感给第一电容充电,同时第二电感给第二电容和负载供电。

[0008] 上述变换器的工作模式包括第一电感 $L_1$ 的电流和第二电感 $L_2$ 的电流均工作于连续导通模式( $L_2$ -CCM模式)、第一电感 $L_1$ 的电流工作于连续导通模式而第二电感 $L_2$ 的电流工作于断续导通模式( $L_2$ -DCM模式)。

[0009] 与现有技术相比,本发明具有的优势为:仅使用一个开关管,实现一个Buck-Boost变换器嵌入到另一个Buck-Boost变换器中,极大的简化了电路结构,增益可以达到 $D/(1-D)^2$ , $D$ 为开关管控制信号的占空比。

## 附图说明

[0010] 图1是本发明的一种嵌入式单开关Buck-Boost变换器结构图；

[0011] 图2是图1所示的一种嵌入式单开关Buck-Boost变换器工作于 $L_2$ -CCM模式下关键电流波形图；

[0012] 图3是图1所示的一种嵌入式单开关Buck-Boost变换器工作于 $L_2$ -DCM模式下关键电流波形图；

[0013] 图4a、图4b分别是图1所示的一种嵌入式单开关Buck-Boost变换器工作于 $L_2$ -CCM模式下的两种工作模态；

[0014] 图5是图1所示的一种嵌入式单开关Buck-Boost变换器工作于 $L_2$ -DCM模式下的一种工作模态；

[0015] 图6是图1所示的一种嵌入式单开关Buck-Boost变换器工作于 $L_2$ -CCM模式下的仿真波形图；

[0016] 图7是图1所示的一种嵌入式单开关Buck-Boost变换器工作于 $L_2$ -DCM模式下的仿真波形图。

## 具体实施方式

[0017] 为进一步阐述本发明的内容和特点,以下结合附图对本发明的具体实施方案进行具体说明,但本发明的实施不限于此。

[0018] 参考图1,本发明的一种嵌入式单开关Buck-Boost变换器,以直流电源 $V_{in}$ 、开关管Q、第一电容 $C_1$ 、第二电感 $L_2$ 、第二二极管 $D_2$ 、第二电容 $C_0$ 和负载R构成主Buck-Boost变换器;以直流电源 $V_{in}$ 、开关管Q、第一电容 $C_1$ 、第一电感 $L_1$ 、第一二极管 $D_1$ 和第三二极管 $D_3$ 构成嵌入Buck-Boost变换器,其增益可以达到 $D/(1-D)^2$ , $D$ 为开关管控制信号的占空比。

[0019] 直流电源 $V_{in}$ 的正极与开关管Q的漏极连接,开关管Q的源极与第一电容 $C_1$ 的负极、第一电感 $L_1$ 的一端连接,第一电感 $L_1$ 的另一端与第一二极管 $D_1$ 的阳极、第三二极管 $D_3$ 的阳极连接,第一二极管 $D_1$ 的阴极与第一电容 $C_1$ 的正极、第二二极管 $D_2$ 的阴极、第二电感 $L_2$ 的一端连接,第二电感 $L_2$ 的另一端与直流电源 $V_{in}$ 的负极、第三二极管 $D_3$ 的阴极、第二电容 $C_0$ 的正极、负载R的一端连接,负载R的另一端与第二二极管 $D_2$ 的阳极、第二电容 $C_0$ 的负极连接。

[0020] 下面以图1为主电路结构,结合图2~图5叙述本发明的具体工作原理。

[0021] 首先考虑变换器工作在 $L_2$ -CCM模式,关键电流波形图如图2所示:

[0022] 图2中 $t_0-t_1$ 阶段,开关管Q开通,第一二极管 $D_1$ 和第二二极管 $D_2$ 截止,第三二极管 $D_3$ 导通,直流电源 $V_{in}$ 经开关管Q和第三二极管 $D_3$ 给第一电感 $L_1$ 充电,第一电感 $L_1$ 的电流 $i_{L1}$ 线性上升;直流电源 $V_{in}$ 和第一电容 $C_1$ 共同经开关管Q给第二电感 $L_2$ 充电,第二电感 $L_2$ 的电流 $i_{L2}$ 线性上升,同时第二电容 $C_0$ 给负载R供电,电流路径如图4a所示。

[0023] 图2中 $t_1-t_2$ 阶段,开关管Q关断,第一电感 $L_1$ 通过第一二极管 $D_1$ 续流,第二电感 $L_2$ 通过第二二极管 $D_2$ 续流,第三二极管 $D_3$ 截止,第一电感 $L_1$ 经第一二极管 $D_1$ 给第一电容 $C_1$ 充电,第一电感 $L_1$ 的电流 $i_{L1}$ 线性下降,第二电感 $L_2$ 经第二二极管 $D_2$ 同时给第二电容 $C_0$ 和负载R供电,第二电感 $L_2$ 的电流 $i_{L2}$ 线性下降,电流路径如图4b所示。

[0024] 再考虑变换器工作在 $L_2$ -DCM模式,关键电流波形图如图3所示:

[0025] 图2和图3的 $t_0-t_2$ 阶段,变换器的工作过程完全相同。 $t=t_3$ ,第二电感 $L_2$ 的电流 $i_{L2}$ 下降为零。

[0026] 图3的 $t_2-t_3$ 阶段,开关管Q继续关断,第二二极管 $D_2$ 和第三二极管 $D_3$ 截止,第一电感 $L_1$ 经第一二极管 $D_1$ 继续给第一电容 $C_1$ 充电,第一电感 $L_1$ 的电流 $i_{L1}$ 继续线性下降,同时第二电容 $C_2$ 给负载R供电,电流路径如图5所示。

[0027] 图6示出变换器工作于 $L_2$ -CCM模式下的仿真波形图,从上到下依次是开关管的门极控制信号 $v_{gQ}$ 、第一电感的电流 $i_{L1}$ 、第二电感的电流 $i_{L2}$ 、流过第一电容的电流 $i_{C1}$ 、流过第二电容的电流 $i_{C2}$ ,从图6中可见第一电感的电流 $i_{L1}$ 和第二电感的电流 $i_{L2}$ 均连续。

[0028] 图7示出变换器工作于 $L_2$ -DCM模式下的仿真波形图,从上到下依次是开关管的门极控制信号 $v_{gQ}$ 、第一电感的电流 $i_{L1}$ 、第二电感的电流 $i_{Lx}$ 、流过第一电容的电流 $i_{C1}$ 、流过第二电容的电流 $i_{C2}$ ,从图6中可见第一电感的电流 $i_{L1}$ 连续,而第二电感的电流 $i_{L2}$ 断续。

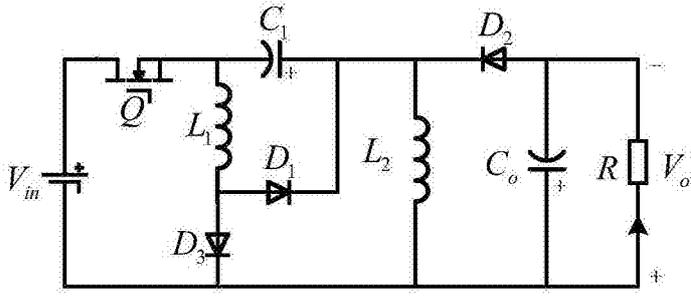


图1

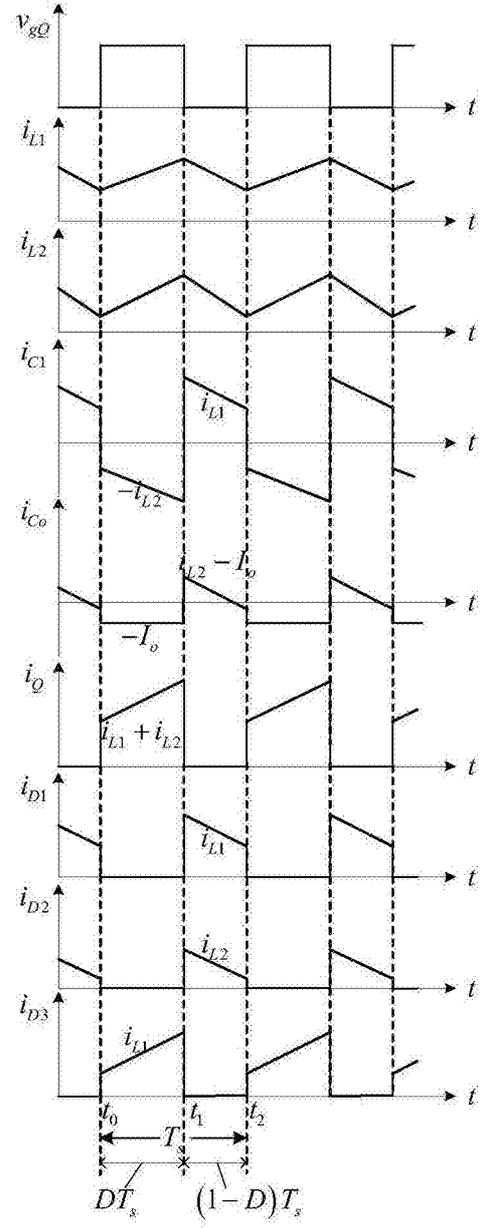


图2

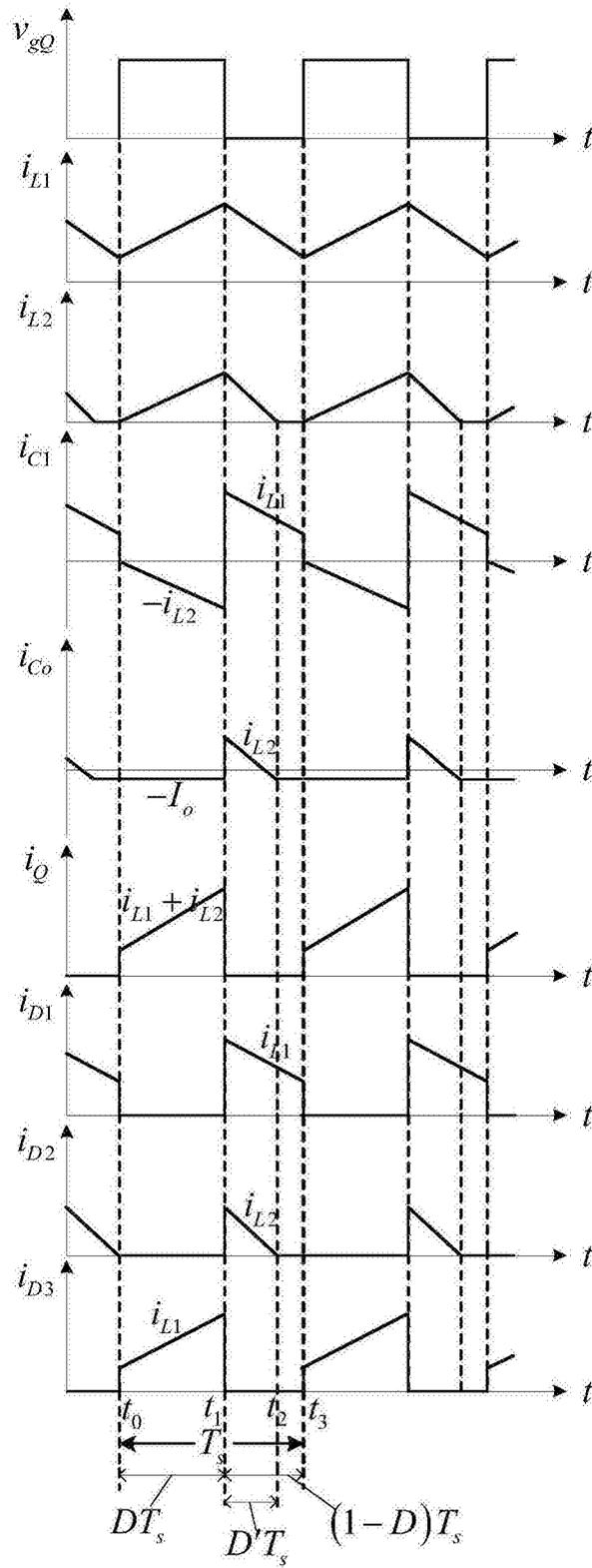


图3

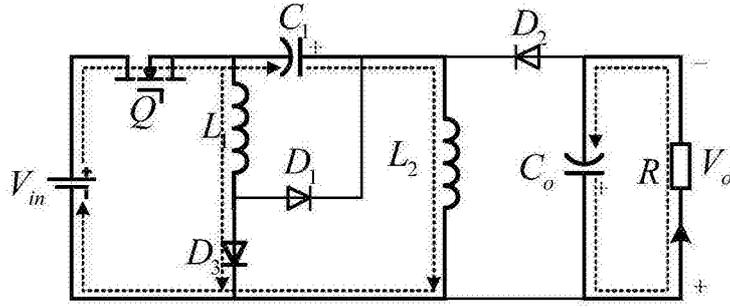


图4a

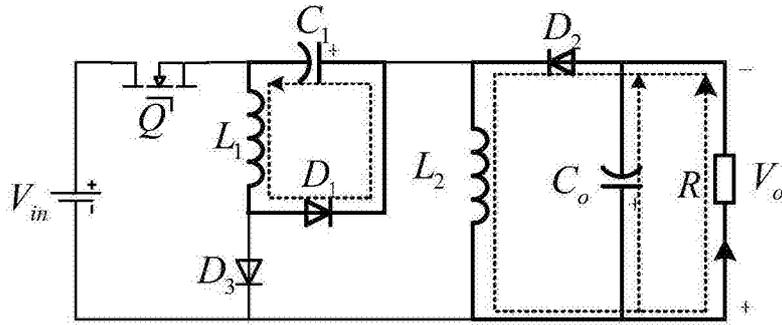


图4b

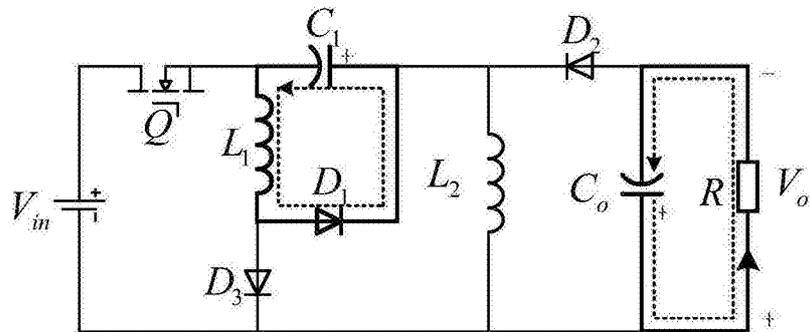


图5

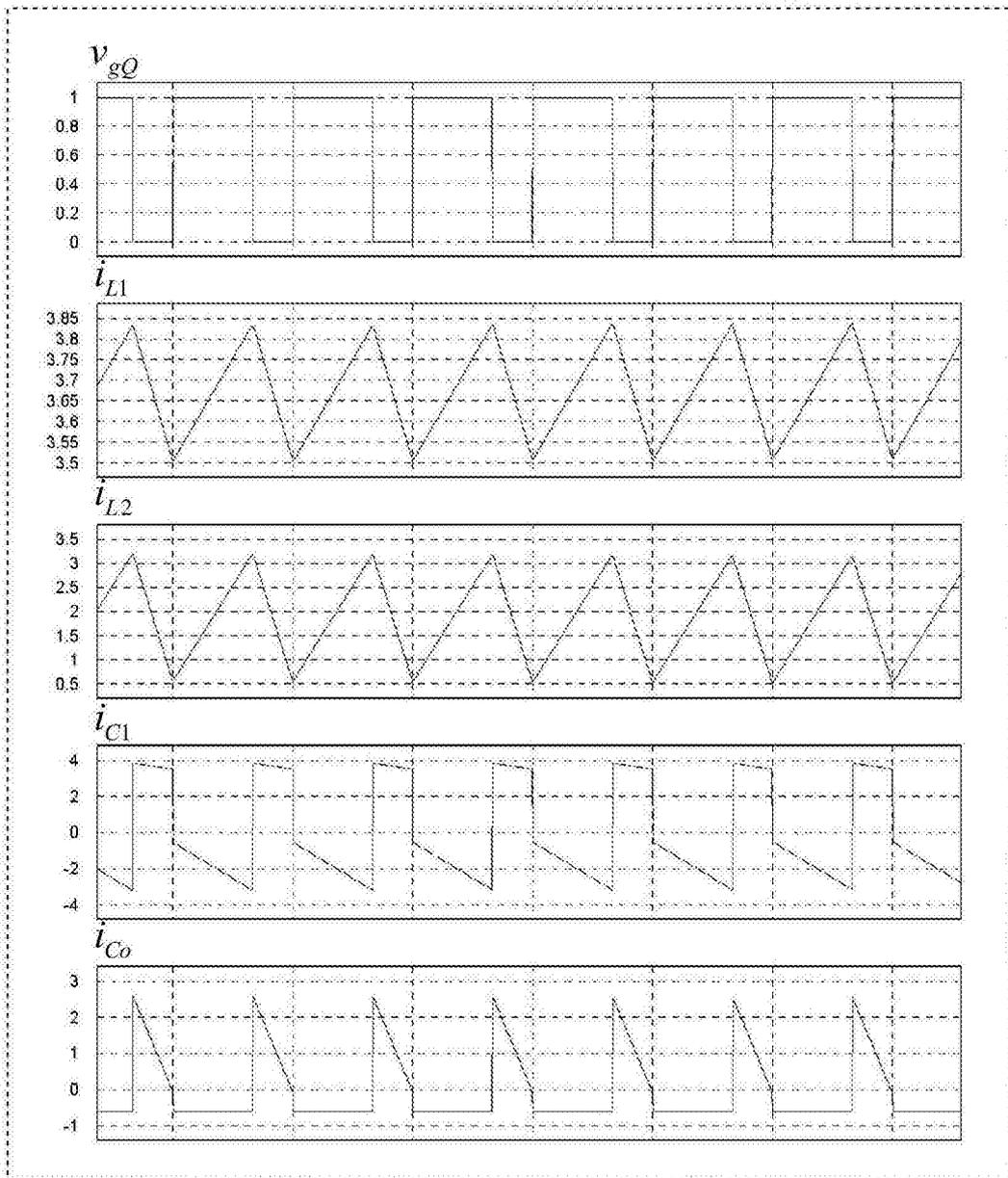


图6

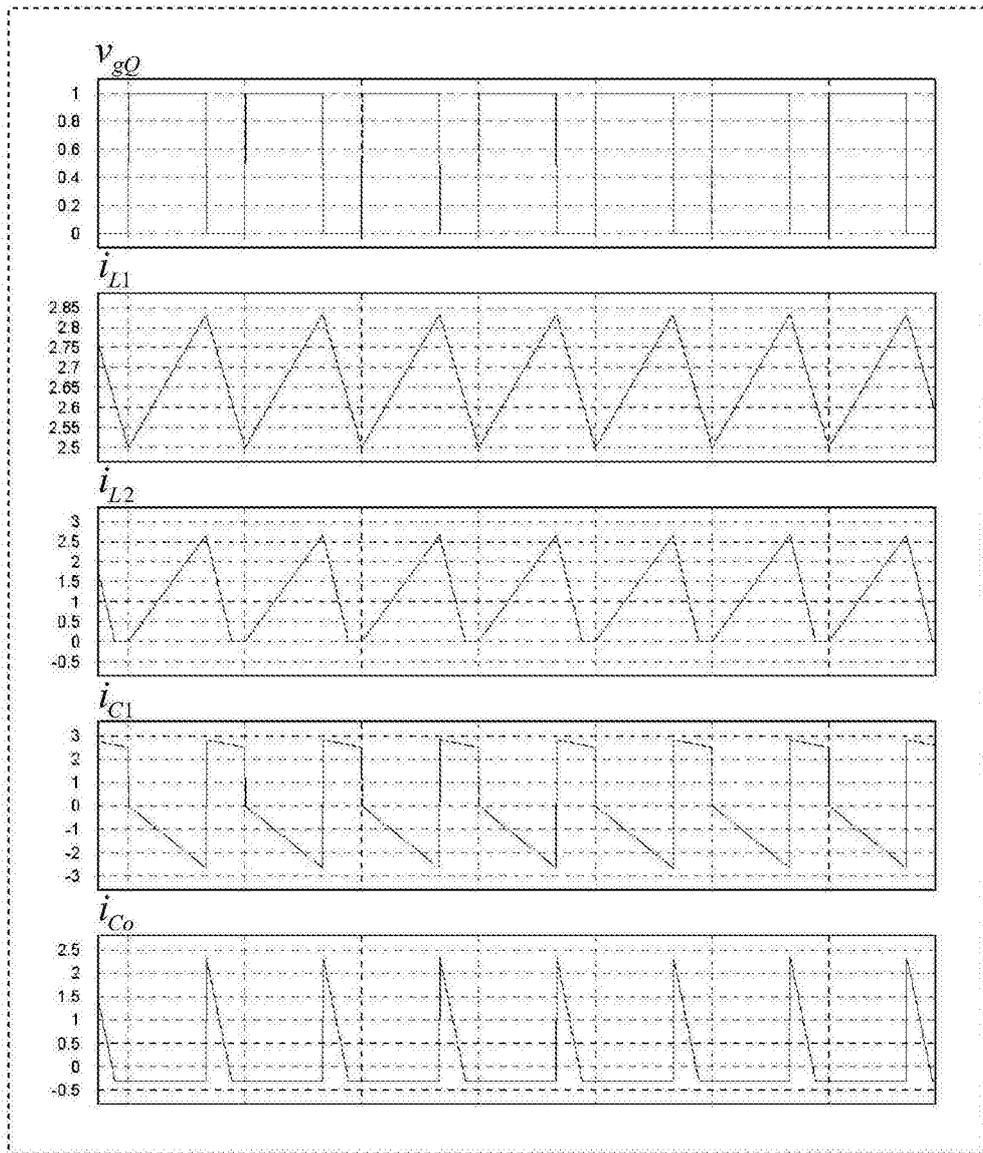


图7