



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 203722473 U

(45) 授权公告日 2014. 07. 16

(21) 申请号 201420056683. 8

(22) 申请日 2014. 01. 28

(73) 专利权人 华南理工大学

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)

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

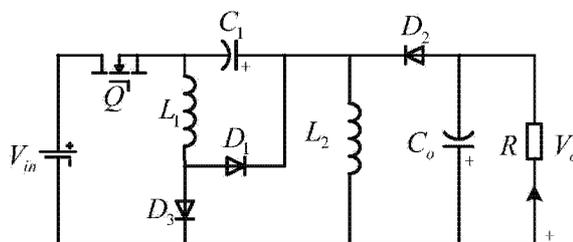
权利要求书1页 说明书3页 附图5页

(54) 实用新型名称

一种嵌入式单开关 Buck-Boost 变换器

(57) 摘要

本实用新型提供一种嵌入式单开关 Buck-Boost 变换器。本实用新型以直流电源、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。

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: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。

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: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。

4. 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] 本实用新型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。

### 实用新型内容

[0003] 本实用新型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] 本实用新型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,本实用新型具有的优势为: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 是本实用新型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 模式下的关键电流波形图；

[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 模式下的关键电流波形图；

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

[0018] 参考图 1，本实用新型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  $C_o$  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，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  $C_o$  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。

[0020] 下面以图 1 为主电路结构，结合图 2～图 5 叙述本实用新型的具体工作原理。

[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  $C_o$  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  $C_o$  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, 从上至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, 从上至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  $i_{L1}$  连续, 而第二电感的电流  $i_{L2}$  断续。

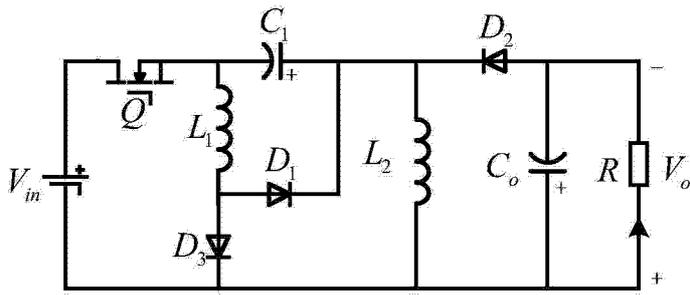


图 1

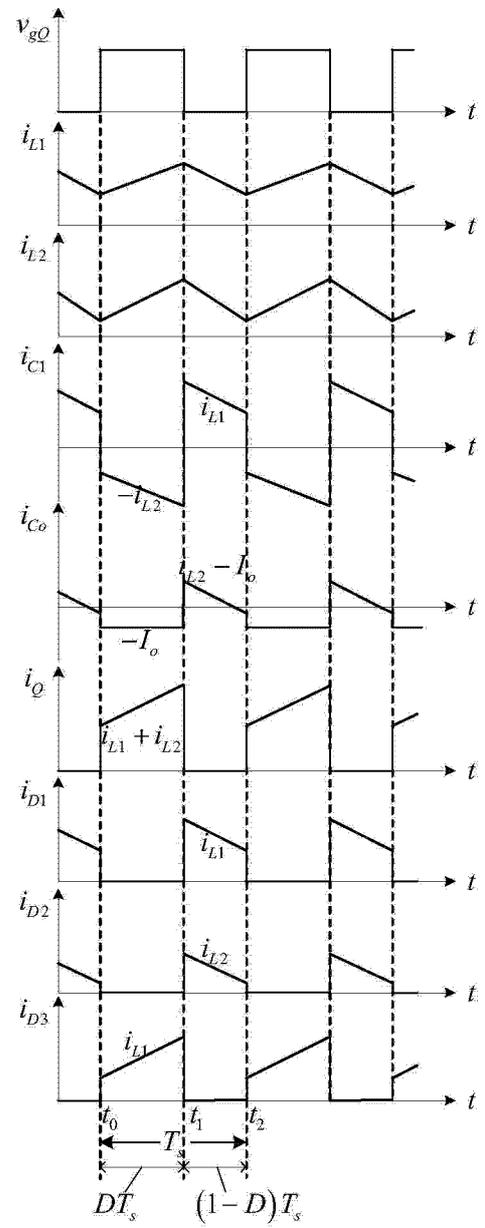


图 2

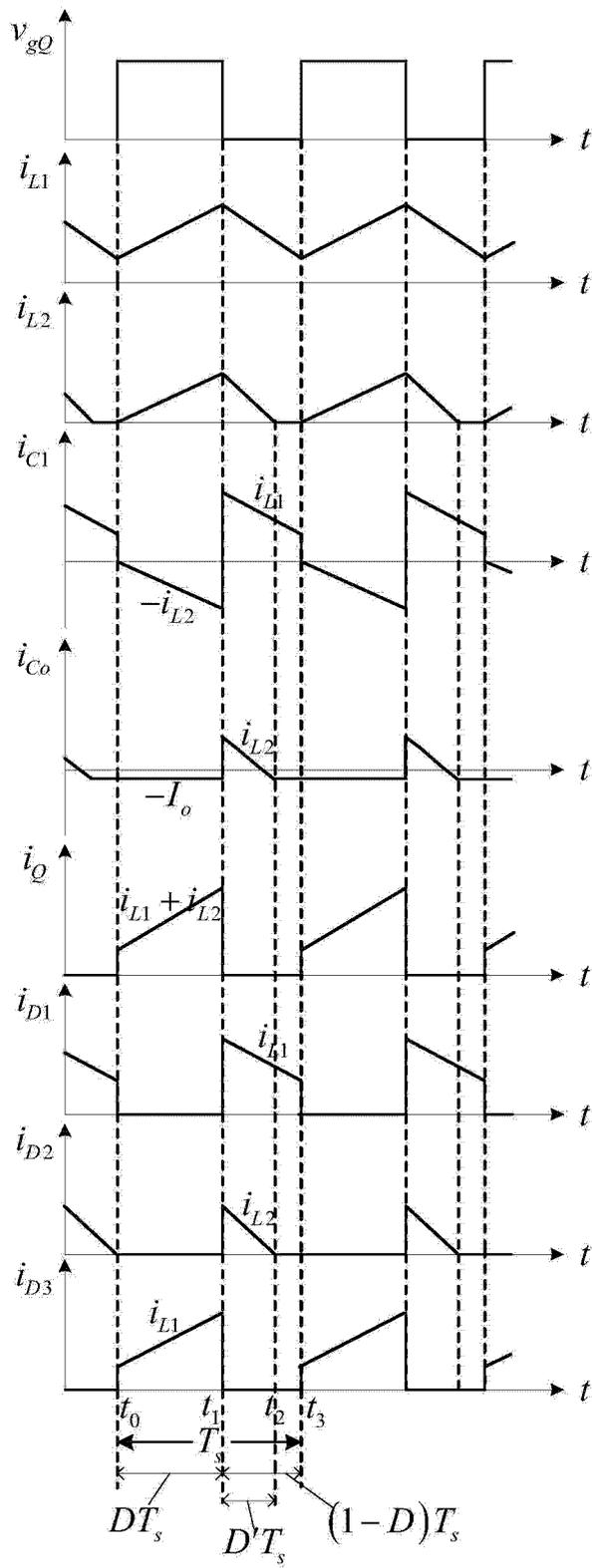


图 3

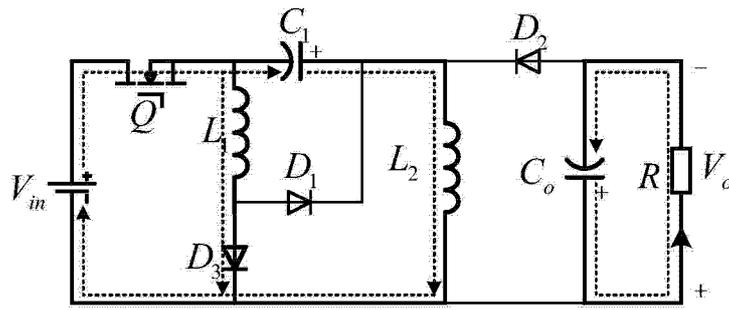


图 4a

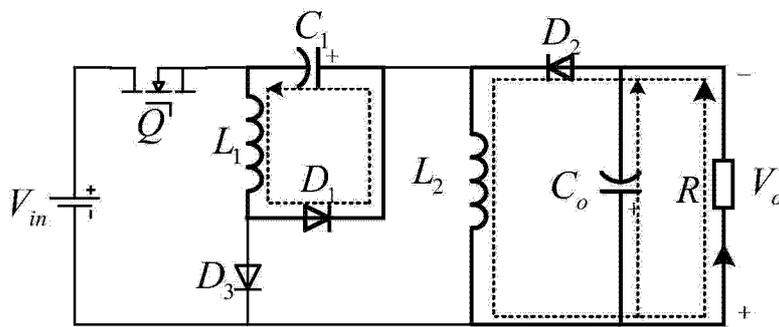


图 4b

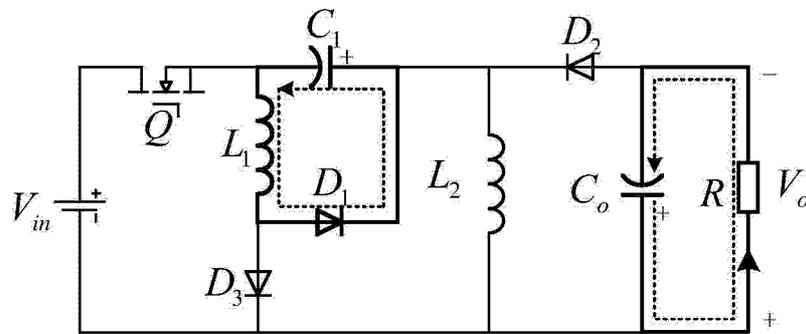


图 5

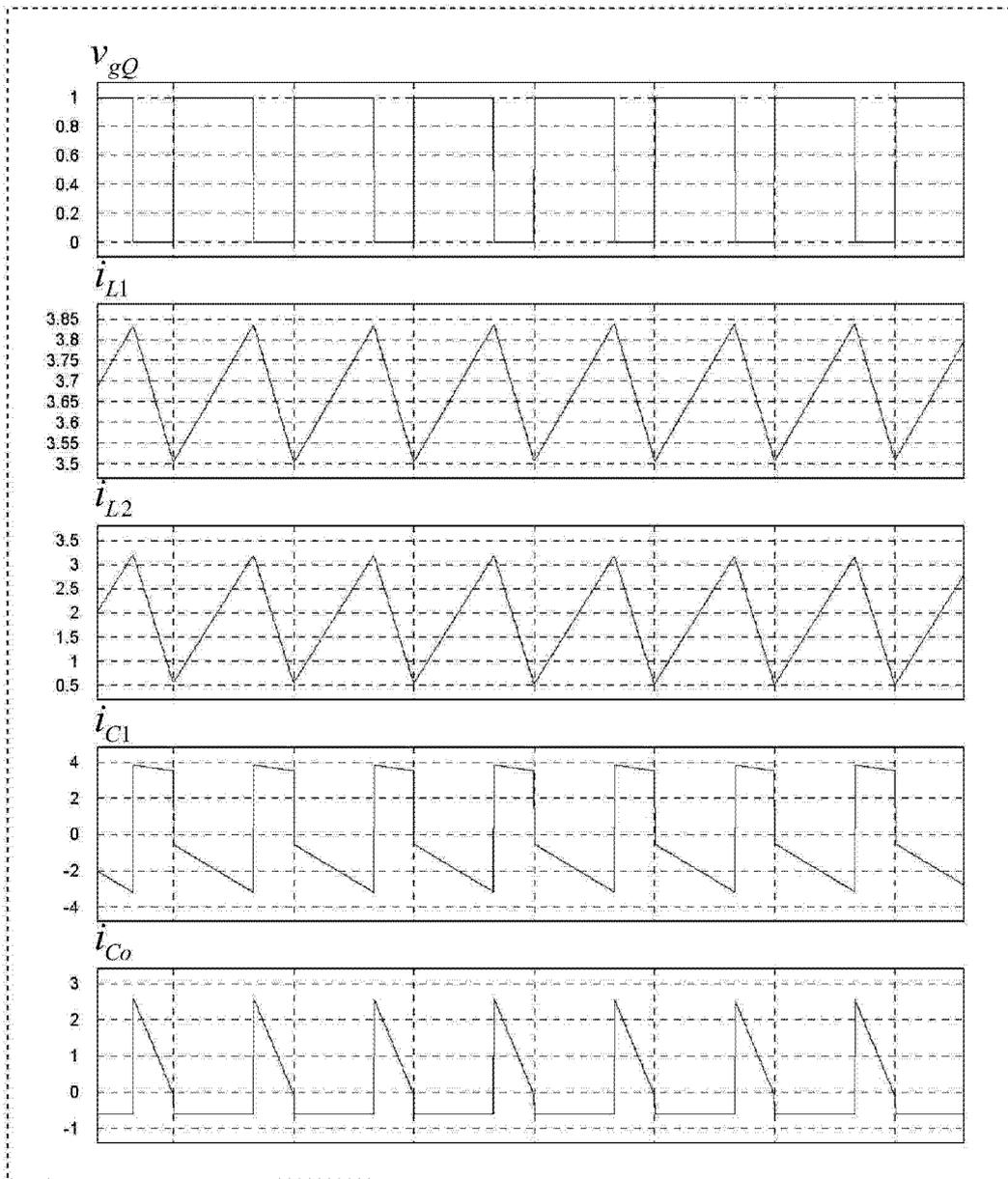


图 6

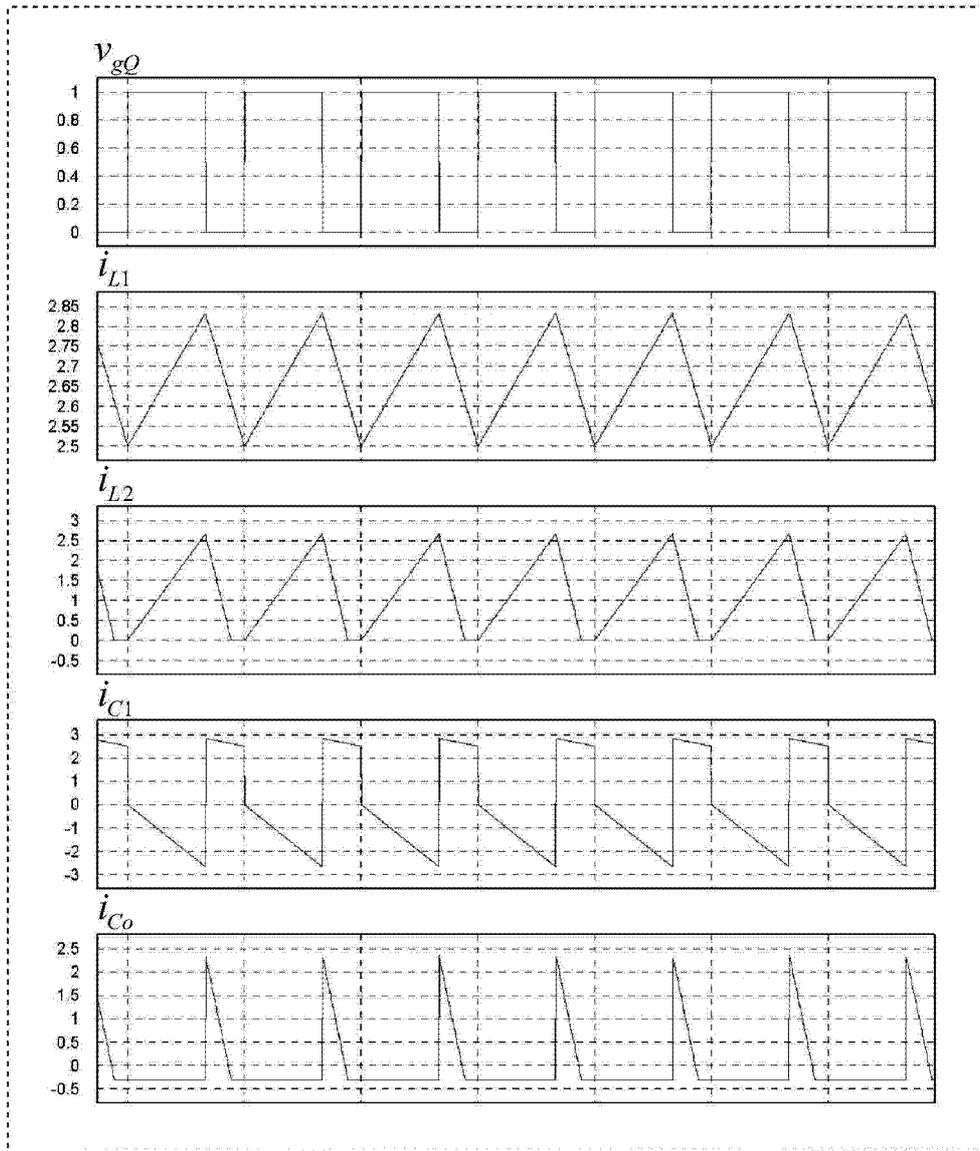


图 7