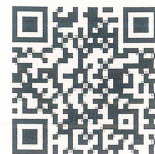


证书号第 3594466 号



发明专利证书

发明名称：一种混合整流式零电压开关全桥直流变换器

发明人：赵雷;范衡;施羿

专利号：ZL 2018 1 1292594.2

专利申请日：2018 年 10 月 31 日

专利权人：汕头大学

地址：515000 广东省汕头市大学路 243 号

授权公告日：2019 年 11 月 12 日

授权公告号：CN 109245547 B

国家知识产权局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，颁发发明专利证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。专利权期限为二十年，自申请日起算。

专利证书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长
申长雨

申长雨





(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 109245547 B

(45)授权公告日 2019.11.12

(21)申请号 201811292594.2

(22)申请日 2018.10.31

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 109245547 A

(43)申请公布日 2019.01.18

(73)专利权人 汕头大学

地址 515000 广东省汕头市大学路243号

(72)发明人 赵雷 范衡 施羿

(74)专利代理机构 广州三环专利商标代理有限公司 44202

代理人 周增元 曹江

(51)Int.Cl.

H02M 3/335(2006.01)

审查员 边境

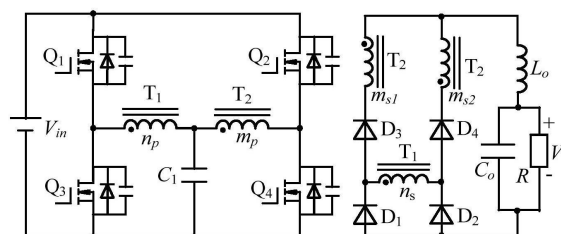
权利要求书1页 说明书3页 附图5页

(54)发明名称

一种混合整流式零电压开关全桥直流变换器

(57)摘要

本发明实施例公开了一种混合整流式零电压开关全桥直流变换器,其具体的组成包括第一至第四开关管,第一、第二电容,第一、第二隔离变压器,第一至第四整流二极管,还包括直流电源、滤波电感,其特征在于第一变压器采用全桥整流,第二变压器采用全波整流,并将两组整流器串联连接。该变换器综合了两种整流结构的优点,具有零电压开关范围宽、整流二极管电压应力低等特点,电路结构简单、转换效率高。



1. 一种混合整流式零电压开关全桥直流变换器,其特征在于,包括第一至第四开关管、第一电容、第一、第二变压器、第一至第四整流二极管、直流电源;

所述第一至第四开关管构成全桥电路,正向并联在所述直流电源正负输出端;

所述第一变压器包含一个原边绕组和一个副边绕组,原边绕组的同名端与所述第一、第三开关管的连接点相连,异名端与所述第一电容的一端相连,副边绕组的同名端与所述第一整流二极管的阴极、所述第三整流二极管的阳极相连,异名端与所述第二整流二极管的阴极、所述第四整流二极管的阳极相连;

所述第二变压器包含一个原边绕组和第一、第二副边绕组,原边绕组的异名端与所述第二、第四开关管的连接点相连,同名端与所述第一电容的一端相连,第一副边绕组的异名端与所述第三整流二极管的阴极相连,第二副边绕组的同名端与所述第四整流二极管的阴极相连,第一副边绕组的同名端与第二副边绕组的异名端直接相连,所述第一、第二整流二极管的阳极相连。

2. 根据权利要求1所述的混合整流式零电压开关全桥直流变换器,其特征在于,还包括第二电容与滤波电感,所述第二副边绕组的异名端与滤波电感的一端连接,所述第一电容的另一端与所述直流电源的负端连接,所述滤波电感的另一端与所述第二电容的一端连接,连接点为输出电压的正端,所述第二电容的另一端与所述第一、第二整流二极管的阳极相连,作为输出电压的负端。

一种混合整流式零电压开关全桥直流变换器

技术领域

[0001] 本发明涉及电力电子技术领域,尤其涉及一种混合整流式零电压开关全桥直流变换器。

背景技术

[0002] 零电压开关全桥直流变换器由于具有恒定频率固定、结构简单、转换效率高等优点,在中大功率场合得到广泛的应用。全桥直流变换器主要包逆变、隔离、整流和滤波四个部分。逆变单元主要将直流电压转变成高频的交流方波,通过隔离变压器实现输入、输出侧的电气隔离,整流单元将高频的交流方波转变成含有直流分量的高频直流方波,滤波单元将高频开关信号滤除,从而得到恒定的直流输出。常见的整流单元有全桥整流和全波整流,其中全桥整流适用于高压输出场合,全波整流适用于低压大电流。

[0003] 现有的零电压开关全桥直流变换器的整流电路在中等电压、电流输出场合存在一定缺点,并且常规的全桥直流变换器在实际应用中存在以下几个问题:轻载时开关管不能实现零电压开关,造成效率衰减、可靠性降低;非占空比时段,整流电压为零,原边存在环流损耗;原副边功率传递只在占空比时段进行,增加了变换器的纹波;谐振电感引起整流电压振荡和占空比丢失。

发明内容

[0004] 本发明实施例所要解决的技术问题在于,提供一种混合整流式零电压开关全桥直流变换器。可拓宽开关管零电压开关范围、消除环流损耗、降低输出纹波,以提高变换器的转换效率。

[0005] 为了解决上述技术问题,本发明实施例提供了一种混合整流式零电压开关全桥直流变换器,包括第一至第四开关管、第一电容、第一、第二变压器、第一至第四整流二极管、直流电源;

[0006] 所述第一至第四开关管构成全桥电路,正向并联在所述直流电源正负输出端;

[0007] 所述第一变压器包含一个原边绕组和一个副边绕组,原边绕组的一端与所述第一、第三开关管的连接点相连,另一端与所述第一电容的一端相连,副边绕组的一端与所述第一整流二极管的阴极、所述第三整流二极管的阳极相连,另一端与所述第二整流二极管的阴极、所述第四整流二极管的阳极相连;

[0008] 所述第二变压器包含一个原边绕组和两个副边绕组,原边绕组的一端与所述第二、第四开关管的连接点相连,另一端与所述第一电容的一端相连,其中一个副边绕组的一端与所述第三整流二极管的阴极相连,另一副边绕组的一端与所述第四整流二极管的阴极相连,两个副边绕组的另一端直接相连,所述第一、第二整流二极管的阳极相连。

[0009] 进一步地,还包括第二电容与滤波电感,所述第二变压器的副边绕组的另一端直接相连并与滤波电感的一端连接,所述第一电容的另一端与所述直流电源的负端连接,所述滤波电感的另一端与所述第二电容的一端连接,连接点为输出电压的正端,所述第二电

容的另一端与所述第一、第二整流二极管的阳极相连,作为输出电压的负端。

[0010] 实施本发明实施例,具有如下有益效果:采用双变压器结构保证了原副边功率传递的连续性,能够消除原边环流损耗、降低输出纹波,同时通过增加变压器的励磁电流,滞后臂开关管可以在宽负载范围内实现零电压开关,而不会导致传导损耗加剧;变压器的漏感可以设计的很小,显著减小占空比丢失和二次侧电压振荡幅值。

[0011] 在输出侧,变压器分别采用全波整流和全桥整流,两整流器共用一组整流二极管,实现了元器件的复用,本发明的混合式整流结构,减少了整流二极管的个数、降低了二极管的电压应力,具有全波整流和全桥整流结构的优点,有助于提高变换器的转换效率和功率密度。

附图说明

[0012] 图1是本发明的整体电路结构示意图;

[0013] 其中: V_{in} 为直流电源, Q_1 、 Q_2 、 Q_3 、 Q_4 分别为第一至第四开关管, C_1 、 C_o 分别为第一、第二电容, T_1 、 T_2 分别为第一、第二变压器, n_p 、 m_p 分别为第一、第二变压器的初级绕组, n_s 为第一的副边绕组, m_{s1} 、 m_{s2} 分别为第二变压器的副边绕组, D_1 、 D_2 、 D_3 、 D_4 分别为第一至第四整流二极管, L_o 为滤波电感, R 为负载电阻。

[0014] 图2是本发明的等效的电路结构示意图;

[0015] 图3为本发明提供给的图2的主要工作波形示意图。

[0016] 图4~11是本发明提供给的图2在不同模式下的等效电路图。

[0017] 上述附图中的主要物理量为: D 是占空比, T_s 是开关周期,负载电流为 I_o , n 为 T_1 、 T_2 变压器副边与原边匝数之比, L_{lk1} 为 T_1 的漏感, L_{lk2} 为 T_2 的漏感, L_m 为 T_2 的励磁电感, C_1 等效为恒定电压源 $0.5V_{in}$,滤波电感等效为恒定电流源 I_o 。

具体实施方式

[0018] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合附图对本发明作进一步地详细描述。

[0019] 本发明专利的电路连接示意图如图1所示,一种混合整流式零电压开关全桥直流变换器,包括第一至第四开关管($Q_1 \sim Q_4$)、第一和第二隔离变压器(T_1 、 T_2)、第一至第四整流二极管($D_1 \sim D_4$)、第一和第二电容(C_1 、 C_o)、直流电源和滤波电感,变压器 T_1 包括原边绕组 n_p 和副边绕组 n_s ,变压器 T_2 包括原边绕组 m_p 和副边绕组 m_{s1} 、 m_{s2} 。

[0020] 所述第一至第四开关管构成全桥电路,正向并联在直流电源正负输出端,第一变压器包含一个原边绕组和一个副边绕组,原边绕组的一端与第一、第三开关管的连接点相连,另一端与第一电容的一端相连,副边绕组的一端与第一整流二极管的阴极、第三整流二极管的阳极相连,另一端与第二整流二极管的阴极、第四整流二极管的阳极相连,第二变压器包含一个原边绕组和两个副边绕组,原边绕组的一端与第二、第四开关管的连接点相连,另一端与第一电容的一端相连,其中一个副边绕组的一端与第三整流二极管的阴极相连,另一副边绕组的一端与第四整流二极管的阴极相连,副边绕组的另一端直接相连并以滤波电感的一端连接,第一电容的另一端与直流电源的负端连接,滤波电感的另一端与第二电容的一端连接,连接点为输出电压的正端,第二电容的另一端与第一、第二整流二极管的阳

极相连,作为输出电压的负端。

[0021] 在本发明专利的一个具体实施例中, Q_1 、 Q_3 构成超前桥臂, Q_2 、 Q_4 构成滞后桥臂,忽略死区时间时,每个开关管的占空比为0.5,通过调整两个桥臂之间的移相角,实现对输出电压的调节, T_1 变压器的副边只有一个绕组,采用全桥整流结构, T_2 变压器副边包含两个绕组,采用全波整流结构,两组整流器共用 D_2 、 D_4 二极管,如附图1。

[0022] 下面以附图2简化的等效电路,结合附图3~11叙述本发明的具体工作原理。由附图3可知整个变换器在一个开关周期有16种开关模式,分别是 $[t_0 \sim t_1]$ 、 $[t_1 \sim t_2]$ 、 $[t_2 \sim t_3]$ 、 $[t_3 \sim t_4]$ 、 $[t_4 \sim t_5]$ 、 $[t_5 \sim t_6]$ 、 $[t_6 \sim t_7]$ 、 $[t_7 \sim t_8]$ 、 $[t_8 \sim t_9]$ 、 $[t_9 \sim t_{10}]$ 、 $[t_{10} \sim t_{11}]$ 、 $[t_{11} \sim t_{12}]$ 、 $[t_{12} \sim t_{13}]$ 、 $[t_{13} \sim t_{14}]$ 、 $[t_{14} \sim t_{15}]$ 、 $[t_{15} \sim t_{16}]$,其中, $[t_0 \sim t_8]$ 为前半周期, $[t_8 \sim t_{16}]$ 为后半周期,下面对各开关模式的工作情况进行具体分析。

[0023] 为简化分析,作如下假设:1)所有器件均为理想器件;2)开关管的寄生器件只考虑体二极管和结电容;3)忽略 T_1 变压器的励磁电感,其漏感为 L_{lk1} ;4) T_2 的励磁电感为 L_m ,漏感为 L_{lk2} ;5)输出滤波电感 L_o 看作恒流源,电容 C_1 等效为恒压源。

[0024] 开关模式1 $[t_0 \sim t_1]$ (对应于附图4): Q_1 、 Q_4 、 D_2 、 D_3 导通,该时段为占空比时段,输出滤波电感能够映射到初级侧,原边电流近似为恒定值。

[0025] 开关模式2 $[t_1 \sim t_2]$ (对应于附图5):在 t_1 时刻, Q_1 关断, Q_1 、 Q_3 的结电容通过恒流源线性充放电,超前臂中点电压、整流电压、 T_1 变压器原副边电压开始线性下降。

[0026] 开关模式3 $[t_2 \sim t_3]$ (对应于附图6):在 t_2 时刻, v_{p1} 下降到0, D_1 导通, D_1 、 D_2 开始换流, T_1 的次级绕组被短路,初级侧结电容与 T_1 漏感发生谐振。

[0027] 开关模式4 $[t_3 \sim t_4]$ (对应于附图7):在 t_3 时刻, v_{1ea} 下降到0, Q_3 的体二极管导通, Q_3 可以实现零电压开通, L_{lk1} 上的电压为 $0.5V_{in}$, i_{p1} 线性下降,在 t_4 时刻, D_1 、 D_2 换流结束, D_2 关断。

[0028] 开关模式5 $[t_4 \sim t_5]$ (对应于附图8):在该时段内,超前臂电流 i_{p1} 为零, D_1 、 D_3 保持导通,该时段称为非占空比时段。

[0029] 开关模式6 $[t_5 \sim t_6]$ (对应于附图9):在 t_5 时刻, Q_4 关断,滞后臂中点电压线性上升,在 t_6 时刻,滞后臂中点电压上升到 $0.25V_{in}$, D_4 开始导通, T_1 与 T_2 副边绕组并联。

[0030] 开关模式7 $[t_6 \sim t_7]$ (对应于附图10):该时段内,变压器漏感与开关管结电容发生谐振,滞后臂中点电压谐振上升,在 t_6 时刻,滞后臂中点电压上升到 V_{in} , Q_2 体二极管开始导通,因此, Q_2 能够实现零电压开通。

[0031] 开关模式8 $[t_7 \sim t_8]$ (对应于附图11): D_4 电流逐渐增大, D_3 电流逐渐减小,在 t_8 时刻 D_3 电流下降到零,变换器进入到后半周期。

[0032] 后半周期 $[t_8 \sim t_{16}]$ 的工作原理与前半周期 $[t_0 \sim t_8]$ 基本相同,只是电流、电压反方向变化,不再重复叙述。

[0033] 总结上述工作过程可知,该变换器的所有开关管都能够实现零电压开关,二次侧采用混合整流式结构,可以减少二极管的个数、降低二极管的电压应力,同时能够保证原副边功率传递的连续性,有利于提升变换器的转换效率和功率密度。

[0034] 以上所揭露的仅为本发明一种较佳实施例而已,当然不能以此来限定本发明之权利范围,因此依本发明权利要求所作的等同变化,仍属本发明所涵盖的范围。

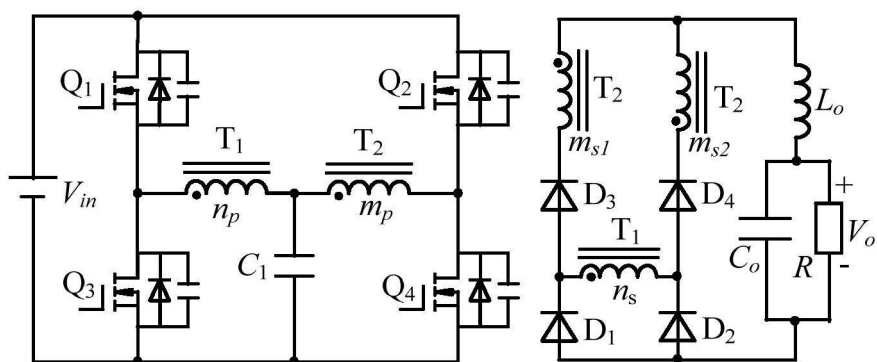


图1

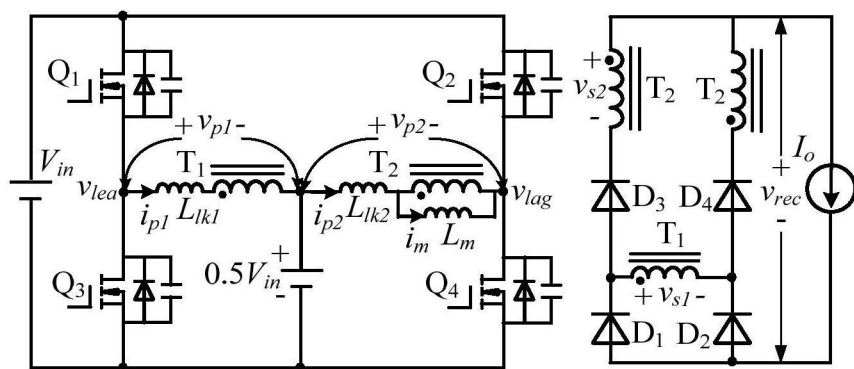


图2

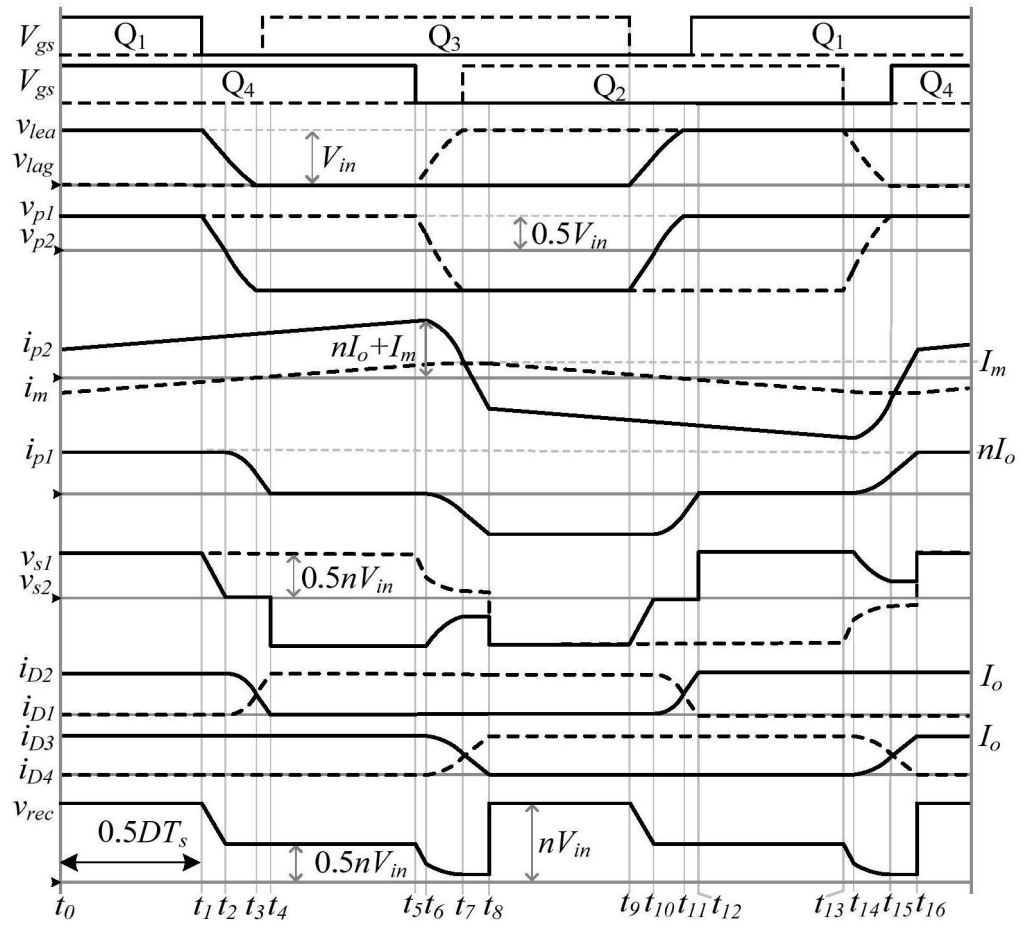


图3

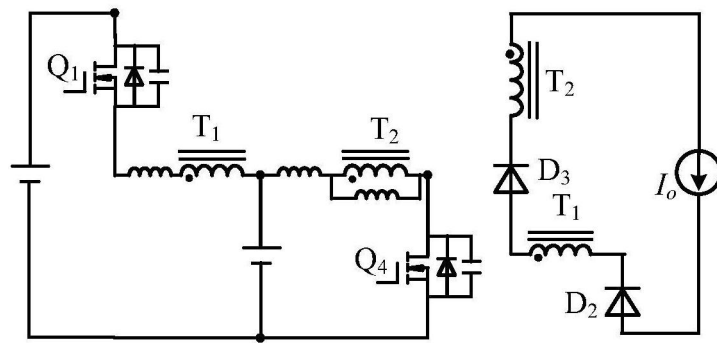


图4

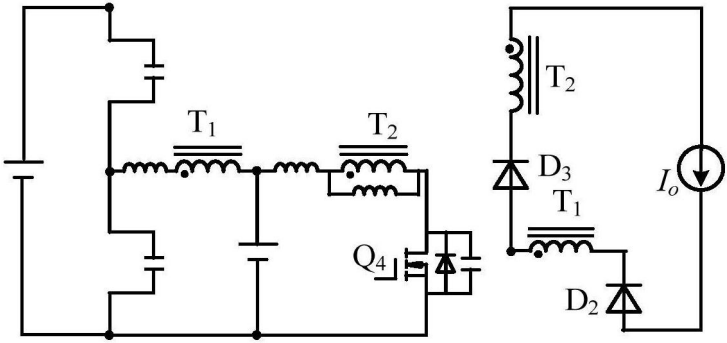


图5

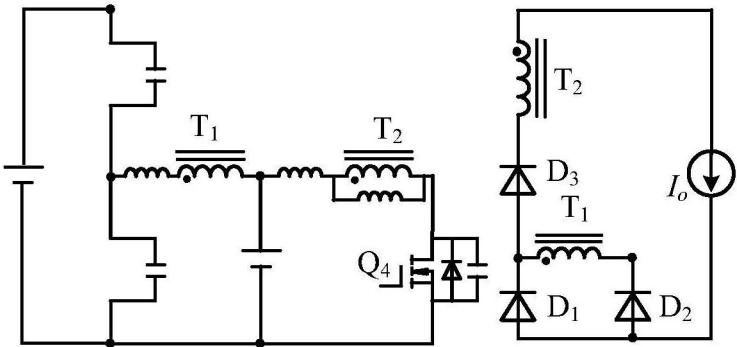


图6

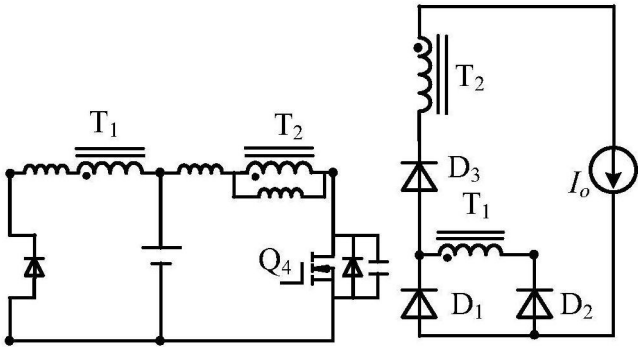


图7

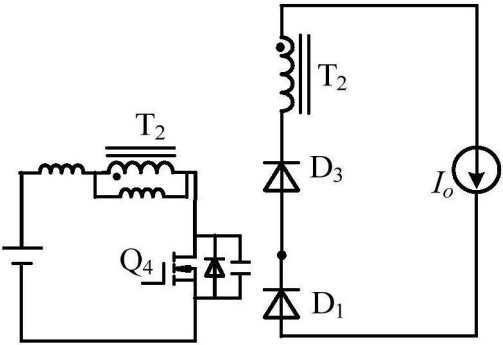


图8

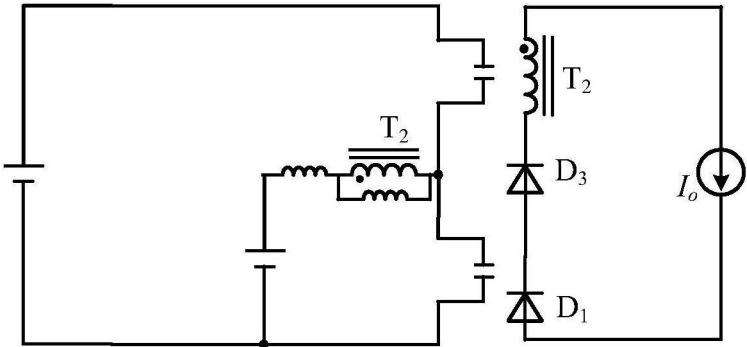


图9

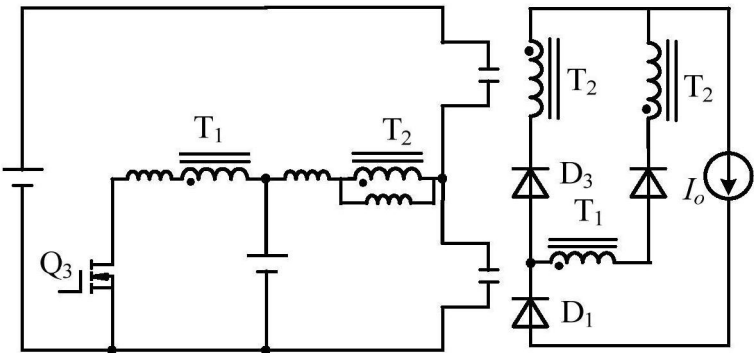


图10

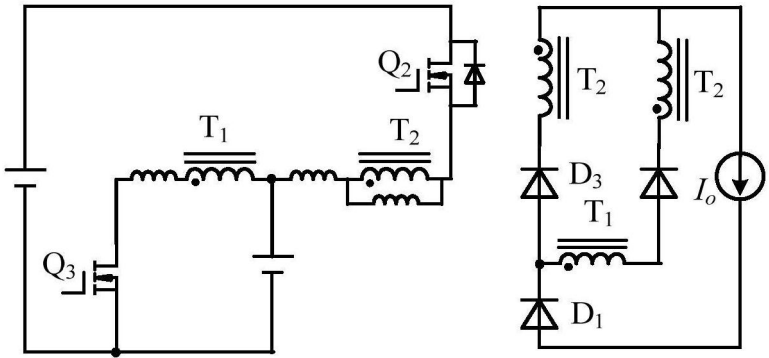


图11