



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103391007 A

(43) 申请公布日 2013. 11. 13

(21) 申请号 201210213174. 7

(22) 申请日 2012. 06. 26

(30) 优先权数据

101116170 2012. 05. 07 TW

(71) 申请人 天网电子股份有限公司

地址 中国台湾台北市南港区成功路一段
76、78、80 号 4 楼

(72) 发明人 梁锦宏 陈璟全

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限
公司 11127

代理人 任默闻

(51) Int. Cl.

H02M 3/335 (2006. 01)

H02M 1/32 (2007. 01)

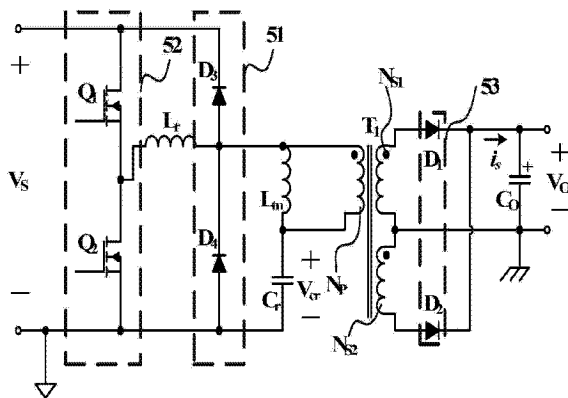
权利要求书2页 说明书7页 附图8页

(54) 发明名称

一种 LLC 串联谐振转换器

(57) 摘要

本发明是一种利用电流回流电路实现轻负载调电压节机制的 LLC 串联谐振转换器, LLC 谐振转换器包括一半桥电路、一变压器、一 LLC 谐振电路、一电流回流电路及一全波整流电路;其中半桥电路由二功率开关串联而成,且与一输入电压相并联;变压器由一初级绕组及串联的二次级绕组所组成; LLC 谐振储能电路由一谐振电感器、初级绕组本身的一磁感及一谐振电容器串接而成,且与其中的一功率开关相并联;电流回流电路由二整流器串联而成,且与该半桥电路相并联,二整流器间的线路并搭接至该谐振电感器及该初级绕组间的线路;全波整流电路是连接在所述多个次级绕组上,以在一输出电容器上产生所需的一输出电压。使次级侧不会产生突波电流。



1. 一种利用电流回流电路实现轻负载电压调节机制的 LLC 串联谐振转换器,其特征是,所述的 LLC 串联谐振转换器包括:

一半桥电路,是由二功率开关串联而成,且与一输入电压相并联;

一变压器,由一初级绕组及二次级绕组所组成;

一 LLC 谐振电路,由一谐振电感器、所述初级绕组本身的一磁感及一谐振电容器串接而成,且与其中的一功率开关相并联;

一电流回流电路,由二整流器串联而成,且与所述半桥电路相并联,所述二整流器间的线路并搭接至所述谐振电感器及所述初级绕组间的线路;及

一全波整流电路,连接在所述次级绕组上,以在一输出电容器上产生所需的一输出电压;

当所述多个功率开关进行切换时,所述电流回流电路能根据所述初级绕组上的一寄生电容上的跨压,分别导通其上的所述整流器,以导引所述谐振电感器上的电流形成回流,进而使所述初级绕组的寄生电容上的跨压不致大于所述输入电压减去所述谐振电容器上跨压的差值,或不致大于所述谐振电容器上跨压的值。

2. 如权利要求 1 所述的 LLC 串联谐振转换器,其特征是,所述二功率开关包括一第一功率开关及一第二功率开关,所述第一功率开关及第二功率开关的栅极分别与一谐振控制晶片上对应的控制接脚相连接,所述第一功率开关的汲极与所述输入电压的正极相连接,其源极与所述第二功率开关的汲极相连接,所述第二功率开关的源极则连接至所述输入电压的负极,使得所述半桥电路能接收所述输入电压传来的能量,且提供一稳定的电压予所述变压器使用。

3. 如权利要求 2 所述的 LLC 串联谐振转换器,其特征是,所述初级绕组的一端是透过所述谐振电感器,连接至所述二功率开关间的线路,其另一端是与所述谐振电容器的一端相连接,所述谐振电容器的另一端则与所述第二功率开关的源极相连接。

4. 如权利要求 3 所述的 LLC 串联谐振转换器,其特征是,所述电流回流电路的二整流器包括一第三整流器及一第四整流器,所述第三整流器的正端与所述第四整流器的负端相连接,所述第三整流器及第四整流器间的线路是搭接至所述谐振电感器及所述初级绕组间的线路。

5. 如权利要求 2 所述的 LLC 串联谐振转换器,其特征是,所述谐振电容器的一端是透过所述谐振电感器,连接至所述二功率开关间的线路,所述初级绕组的一端是与所述谐振电容器的另一端相连接,其另一端则是与所述第二功率开关的源极相连接。

6. 如权利要求 5 所述的 LLC 串联谐振转换器,其特征是,所述电流回流电路的二整流器包括一第三整流器及一第四整流器,所述第三整流器的正端是与所述第四整流器的负端相连接,所述第三整流器及第四整流器间的线路是搭接至所述谐振电容器及所述谐振电感器间的线路。

7. 一种利用电流回流电路实现轻负载电压调节机制的 LLC 串联谐振转换器,其特征是,所述 LLC 串联谐振转换器包括:

一半桥电路,是由二功率开关串联而成,且与一输入电压相并联;

一变压器,由一初级绕组及二次级绕组所组成;

一 LLC 谐振电路,是由一谐振电感器、所述初级绕组本身的一磁感及一谐振电容器串

接而成,且与其中的一功率开关相并联;

一电流回流电路,是由二整流器串联而成,且与所述半桥电路相并联;

一辅助绕组,与所述初级绕组具有相同极性,且其一端连接至所述二整流器间的线路,其另一端则连接至所述 LLC 谐振电路;及

一全波整流电路,连接在所述次级绕组上,以在一输出电容器上产生所需的一输出电压;

当所述多个功率开关进行切换时,所述辅助绕组能通过感应所述初级绕组上的一寄生电容上的跨压,分别导通所述电流回流电路的整流器,以导引所述谐振电感器上的电流透过所述辅助绕组形成回流,进而使所述初级绕组的寄生电容上的跨压不致大于所述输入电压减去所述谐振电容器上跨压的差值,或不致大于所述谐振电容器上跨压的值。

8. 如权利要求 7 所述的 LLC 串联谐振转换器,其特征是,所述二功率开关包括一第一功率开关及一第二功率开关,所述第一功率开关及第二功率开关的栅极系是分别与一谐振控制晶片上对应的控制接脚相连接,所述第一功率开关的汲极是与所述输入电压的正极相连接,其源极是与所述第二功率开关的汲极相连接,所述第二功率开关的源极则连接至所述输入电压的负极,使得所述半桥电路能接收所述输入电压传来的能量,且提供一稳定的电压予所述变压器使用。

9. 如权利要求 8 所述的 LLC 串联谐振转换器,其特征是,所述初级绕组的一端是透过所述谐振电感器,连接至所述二功率开关间的线路,其另一端是与所述谐振电容器的一端相连接,所述谐振电容器的另一端则是与所述第二功率开关的源极相连接。

10. 如权利要求 8 所述的 LLC 串联谐振转换器,其特征是,所述谐振电容器的一端是透过所述谐振电感器,连接至所述二功率开关间的线路,所述初级绕组的一端是与所述谐振电容器的另一端相连接,其另一端则是与所述第二功率开关的源极相连接。

11. 如权利要求 9 或 10 所述的 LLC 串联谐振转换器,其特征是,所述电流回流电路的二整流器包括一第三整流器及一第四整流器,所述第三整流器的正端是与所述第四整流器的负端相连接,所述第三整流器及第四整流器间的线路是连接至所述辅助绕组的一端。

一种 LLC 串联谐振转换器

技术领域

[0001] 本发明是一种串联谐振转换器,尤指一种利用电流回流电路 (current circulating circuit) 实现轻负载电压调节 (light load regulation) 机制的 LLC 串联谐振转换器,所述谐振转换器是利用一 LLC 谐振电路,平顺地接收一输入电压传来的能量,且在其功率开关的切换瞬间,利用一电流回流电路,导引其谐振电感器的电流产生回流,以不会对其变压器的初级绕组的寄生电容 (parasitic capacitance) 过度正向或逆向充电,进而令所述变压器的次级侧不致因此产生突波电流 (spiking current),且使所产生的一输出电压在轻负载时能有效地维持在一范围。

背景技术

[0002] 近年来,由于 LLC 串联谐振转换器 (LLC resonant power converter) 所具备高电力转换效率及高功率密度的特性,使得其被业界广泛应用至各式电子产品中,然而,该 LLC 串联谐振转换器无法达成轻负载电压调节 (light load regulation) 的缺陷,也越被重视。

[0003] 以 Jin-Tae Kim 发表于 2011 年 3 月版“NEW ELECTRONICS”期刊的一篇文章中所提及的传统 LLC 串联谐振转换器及说明为例,参阅图 1 所示,该 LLC 串联谐振转换器无法达成轻负载电压调节的主要原因,是其初级绕组 N_p 的寄生电容 11 (parasitic capacitance) 及其次级侧的全波整流电路 (full-wave rectification circuit) 上二整流器 (rectifiers) 的寄生电容 12 、 13 ,在功率开关的切换瞬间,该寄生电容不可避免地会与谐振电感器 L_r 产生谐振,使得该寄生电容上会累积多余的能量,此能量将会使该 LLC 串联谐振转换器在轻负载 (light load) 状态下的电压增益值 (voltage gain) 大幅增加,进而导致该 LLC 串联谐振转换器无法将输出电压 V_o 的变化,有效地调节在一设计的范围内。

[0004] 有鉴于此, Jin-Tae Kim 于前述论文中尚提及,可利用两种传统作法,以解决前述无法实现轻负载调节的问题,参阅图 2 所示,其中第一种作法是在该 LLC 串联谐振转换器的初级侧加装一丛发模式控制器 (burst mode controller) 21 ,以对初级侧的二功率开关 Q_1 、 Q_2 , 提供一丛发模式控制,其控制方法迫使该 LLC 串联谐振转换器能在轻负载的状态下,间歇性地 (intermittently) 运作,以期该 LLC 串联谐振转换器能在所产生的输出电压 V_o 即将等于一设计输出电压 (designed output voltage) 的上限值 (upper limited value) 时,停止运作,且在所产生的输出电压 V_o 即将等于该设计输出电压的下限值 (lower limited value) 时,开始运作,虽然,此一作法,亦能达成将输出电压 V_o 的变化,调节 (regulated) 在一设计范围内的目的,但是,由于在该丛发模式控制器 21 内所设计的丛发频率 (burst frequency) 中,除了包括该等功率开关 Q_1 、 Q_2 的切换运作期间 (switching period) 之外,尚包括停止运作期间 (stopped period),使得该 LLC 串联谐振转换器依该突发频率进行运作时,将产生一连串接近于音频 (audio frequency) 的噪音,此一恼人的噪音,对该 LLC 串联谐振转换器周边环境确实造成一定程度的噪音污染。

[0005] 参阅图 3 所示, Jin-Tae Kim 于前述论文中所提及的另一种作法,是在该 LLC 串联谐振转换器的次级侧加装一假负载 (dummy resistor) 31 ,该假负载 31 系并联在该次级侧

的输出电容器 C_o 上,藉此增加负载,以避免该 LLC 串联谐振转换器运作在轻负载状态,进而达成对输出电压 V_o 变化的调节,然而,此一作法,除导致了该 LLC 串联谐振转换器的电力转换效率不彰外,尚在轻负载(如:待机状态)下,因该假负载 31 而造成较高的电能消耗。

[0006] 据上所述,在维持既有电力转换效能及避免产生恼人噪音的前提下, Jin-Tae Kim 所提及的前述两种作法,均无法使该 LLC 串联谐振转换器对输出电压 V_o 的变化有效实现轻负载电压调节的目的。

[0007] 针对此, Y. Q. Ye、Chao Yan、J. H. Zeng 及 J. P. Ying 等四人,亦曾于 2007 年发表于 IEEE 期刊中的一篇名为“A Novel Light Load Solution for LLC Series Resonant Converter”的论文中提及,在轻负载状态下,LLC 串联谐振转换器无法有效调节输出电压 V_o 变化的缘由,亦是导因于其初级绕组、次级侧的二整流器上的寄生电容,且在功率开关的切换瞬间,该寄生电容不可避免地会与谐振电感器 L_r 产生谐振,使得该寄生电容上累积多余的能量,该四人所思及的解决方案,参阅图 4 所示,是在 LLC 串联谐振转换器的次级侧的二整流器 D_1 、 D_2 上分别增设一并联的次级回充电路 (secondary recharging circuit) 41、42,以期使其初级绕组 N_p 的寄生电容上所蓄积的多余能量,被转移至该次级侧时,能透过该等次级回充电路 41、42,回充至初级侧,虽然,此一解决方案,亦能达成将输出电压 V_o 的变化,调节在一设计范围内的目的,但是,由于必需分别利用一外部驱动电路 (external driving circuit) (图中未示),对该等次级回充电路 41、42 中的开关 Q_{a1} 、 Q_{a2} 进行切换控制,而该外部驱动电路所产生的相关控制信号又必需取决于初级侧的该等功率开关 Q_A 、 Q_B 、 Q_C 、 Q_D 的控制信号,故不仅导致该 LLC 串联谐振转换器的整体电路复杂度及制作成本大增,亦会因演算数据及程序倍增,而不可避免地造成相关控制信号的传输延滞 (propagation delay),进而造成该等次级回充电路 41、42 无法将所获得的多余能量,即时回充至初级侧,最终,仍无法在轻负载状态下,有效调节输出电压 V_o 的变化。

[0008] 据此,如何针对该等 LLC 串联谐振转换器,透过简单的电路设计,使所设计及制造的 LLC 串联谐振转换器能依据实际需求,产生所需的一输出电压,且使产生该输出电压的次级绕组或输出电容器上均不会因寄生电容上蓄积的多余能量而产生突波电流,以使该输出电压在轻负载时能有效地维持在一范围,即成为本发明在此欲探讨的一重要课题。

发明内容

[0009] 有鉴于前述习知串联谐振转换器的问题与缺点,发明人乃根据多年实务经验及研究实验,终于开发设计出本发明的一种利用电流回流电路实现轻负载电压调节机制的 LLC 串联谐振转换器,以期通过本发明,使该 LLC 串联谐振转换器的次级绕组或输出电容器上均不会因寄生电容上蓄积的多余能量而产生突波电流,进而使得该谐振转换器所产生的输出电压在轻负载时能有效地维持在一范围。

[0010] 本发明的目的,是提供一种利用电流回流电路 (current circulating circuit) 实现轻负载电压调节 (light load regulation) 机制的 LLC 串联谐振转换器 (resonant power converter),所述 LLC 谐振转换器包括一半桥电路 (half-bridge circuit)、一谐振电感器 (resonant inductor)、一谐振电容器 (resonant capacitor)、一电流回流电路 (current circulating circuit)、一变压器 (transformer) 及一全波整流电路 (full-wave rectification circuit);其中所述半桥电路是由二功率开关 (switches) 串联而成,且

是与一输入电压相并联；所述谐振电感器、所述变压器的一初级绕组 (primary winding) 本身的一磁感 (magnetic inductance) 及所述谐振电容器三者是串接成一 LLC 谐振电路，所述 LLC 谐振电路是与其中的一功率开关相并联；所述电流回流电路是由二整流器 (rectifiers) 串联而成，且是与所述半桥电路相并联，所述二整流器间的线路并搭接至所述谐振电感器及所述初级绕组间的线路；所述全波整流电路是连接在所述变压器的次级绕组 (secondary winding) 上，以在一输出电容器上产生所需的一输出电压。如此，由于所述 LLC 谐振电路能平顺地接收所述输入电压传来的能量，且所述电流回流电路能在所述多个功率开关的切换瞬间 (switching moment)，导引所述谐振电感器上的电流形成回流，进而使所述初级绕组的一寄生电容 (parasitic capacitance) 不会与所述谐振电感器产生谐振，而被所述谐振电感器上的电流过度正向或逆向充电，且使所述初级绕组的寄生电容上的跨压不致大于所述输入电压减去所述谐振电容器上跨压的差值，或不致大于所述谐振电容器上跨压的值。据此，由于，在所述功率等开关的切换瞬间，所述初级绕组的寄生电容上不会蓄积多余的能量，因此不会有多余的能量被转移至所述次级绕组，故无论所述次级绕组或输出电容器上均不会因寄生电容上蓄积的多余能量而产生突波电流 (spiking current)，进而使得所述谐振转换器所产生的所述输出电压在轻负载时能有效地维持在一范围（如：设计输出电压的 $\pm 5\%$ 范围内）。

[0011] 为便贵审查委员能对本发明的目的、结构及其功效，做更进一步的认识与了解，兹举实施例配合图式，详细说明如下：

附图说明

[0012] 图 1 是一习知 LLC 串联谐振转换器的电路示意图；

[0013] 图 2 是另一习知 LLC 串联谐振转换器的电路示意图；

[0014] 图 3 是又一习知 LLC 串联谐振转换器的电路示意图；

[0015] 图 4 是又另一习知 LLC 串联谐振转换器的电路示意图；

[0016] 图 5 是本发明的第一个较佳实施例的电路示意图；

[0017] 图 6(a) 及图 6(b) 是本发明的动作原理的部份电路示意图；

[0018] 图 7 是本发明的第二个较佳实施例的电路示意图；

[0019] 图 8 是本发明的第三个较佳实施例的电路示意图；

[0020] 图 9 是本发明的第四个较佳实施例的电路示意图；

[0021] 图 10(a) 及图 10(b) 是针对图 1 及图 5 所示的 LLC 串联谐振转换器分别进行实测及采样，所获得的初级绕组 N_p 的寄生电容上的跨压 v_p 及次级侧的电流 i_s 波形示意图；及

[0022] 图 11(a) 及图 11(b) 是针对图 1 及图 5 所示的 LLC 串联谐振转换器分别进行实测及采样，所获得的负载曲线图，即在负载变化范围内各所述 LLC 谐振转换器所产生的输出电压 V_o 对应曲线示意图。

[0023] 附图标号：

[0024] 电流回流电路..... 51

[0025] 半桥电路 52

[0026] 全波整流电路..... 53

[0027] 输出电容器..... C_o 。

[0028]	谐振电容器·····	C_r
[0029]	第一整流器·····	D_1
[0030]	第二整流器·····	D_2
[0031]	第三整流器·····	D_3
[0032]	第四整流器·····	D_4
[0033]	次级侧的电流·····	i_s
[0034]	谐振电感器上的电流·····	i_{Lr}
[0035]	磁感·····	L_m
[0036]	谐振电感器·····	L_r
[0037]	辅助绕组·····	N_A
[0038]	初级绕组·····	N_p
[0039]	第一次级绕组·····	N_{S1}
[0040]	第二次级绕组·····	N_{S2}
[0041]	变压器·····	T_1
[0042]	第一功率开关·····	Q_1
[0043]	第二功率开关·····	Q_2
[0044]	谐振电容器的跨压·····	V_{Cr}
[0045]	输入电压·····	V_s
[0046]	输出电压·····	V_o
[0047]	初级绕组的寄生电容上的跨压·····	v_p

具体实施方式

[0048] 本发明的第一个较佳实施例是提供一种利用电流回流电路实现轻负载电压调节机制的 LLC 串联谐振转换器, 请参阅图 5 所示, 该谐振转换器包括一半桥电路 52、一谐振电感器 L_r 、一谐振电容器 C_r 、一电流回流电路 51、一变压器 T_1 及一全波整流电路 53。该半桥电路 52 是由一第一功率开关 Q_1 及一第二功率开关 Q_2 串联而成, 且是与一输入电压 V_s 相并联, 该第一功率开关 Q_1 及第二功率开关 Q_2 的栅极是分别与一谐振控制晶片 (图中未示) 上对应的控制接脚相连接, 该第一功率开关 Q_1 的汲极是与该输入电压 V_s 的正极相连接, 其源极是与该第二功率开关 Q_2 的汲极相连接, 该第二功率开关 Q_2 的源极则连接至该输入电压 V_s 的负极, 使得该半桥电路 52 能平顺地接收该输入电压 V_s 传来的能量, 且提供一稳定的电压予该变压器 T_1 使用。

[0049] 该变压器 T_1 的一初级绕组 N_p 上与生俱有的一磁感 L_m , 是以并联至该初级绕组 N_p 的方式表示如图 5 所示, 该谐振电感器 L_r 、该磁感 L_m 及该谐振电容器 C_r 等三者依序串接成一 LLC 谐振电路, 该 LLC 谐振电路是与该第二功率开关 Q_2 相并联; 该变压器 T_1 主要是用以隔离, 其上设有该初级绕组 N_p 、一第一次级绕组 N_{S1} 及一第二次级绕组 N_{S2} , 该第一次级绕组 N_{S1} 及第二次级绕组 N_{S2} 的一端是相互串联, 该初级绕组 N_p 是一端是透过该谐振电感器 L_r , 连接至该二功率开关 Q_1 、 Q_2 间的线路, 其另一端是与该谐振电容器 C_r 的一端相连接, 该谐振电容器 C_r 的另一端则是与该第二功率开关 Q_2 的源极相连接。

[0050] 复参阅图 5 所示, 该全波整流电路 53 是由一第一整流器 D_1 及一第二整流器 D_2 所

组成,其中该第一整流器 D_1 的正端是与该第一次级绕组 N_{S1} 的另一端相连接,该第二整流器 D_2 的正端是与该第二次级绕组 N_{S2} 的另一端相连接,其负端则与该第一整流器 D_1 的负端相连接,且共同连接至一输出电容器 C_o 的正极,该输出电容器 C_o 的负极则连接至该第一次级绕组 N_{S1} 及第二次级绕组 N_{S2} 间的线路,以使该变压器 T_1 能在该次级侧的输出电容器 C_o 上产生所需的一输出电压 V_o ,且使得该输出电容器 C_o 能提供稳定的输出电压 V_o 。予输出端上所跨接的一负载(图中未示)。

[0051] 复请参阅图 5 所示,该电流回流电路 51 由一第三整流器 D_3 及一第四整流器 D_4 串联而成,且与该半桥电路 52 相并联,其中该第三整流器 D_3 的正端与该第四整流器 D_4 的负端相连接,该第三整流器 D_3 及第四整流器 D_4 间的线路是搭接至该谐振电感器 L_r 及该初级绕组 N_p (即,磁感 L_m) 间的线路,以在该等功率开关 Q_1 、 Q_2 切换的瞬间,导引该谐振电感器 L_r 上的电流产生回流。在此需特别一提者,乃该第一个实施例中所提及的该等功率开关 Q_1 、 Q_2 可分别为一金氧半场效应晶体开关(简称 MOSFET),或其它等效的功率开关,该等整流器 D_1 、 D_2 、 D_3 、 D_4 可分别为一整流器二极管,或其它等效的整流器。

[0052] 请参阅图 6(a) 所示,当该功率开关 Q_2 被该谐振控制晶片(图中未示)关闭,且经过一死区时间(dead time)后,该功率开关 Q_1 会被该谐振控制晶片导通,此时,由于该输入电压 V_s 、该功率开关 Q_1 、谐振电感器 L_r 、该初级绕组 N_p 的寄生电容与谐振电容器 C_r 会组成一回路,并产生一回路电流,使该初级绕组 N_p 上的寄生电容被正向充电,且由于该谐振电感器 L_r 与该寄生电容间不可避免地会产生一谐振行为,故该初级绕组 N_p 上的一寄生电容会被过度正向充电,且在该寄生电容上的跨压 v_p 大于该输入电压 V_s 减去该谐振电容器 C_r 上跨压 V_{Cr} 的差值时,该电流回流电路 51 的第三整流器 D_3 会被导通,而能导引该谐振电感器 L_r 上的电流 i_{Lr} 在由该功率开关 Q_1 、谐振电感器 L_r 及第三整流器 D_3 所组成的回路产生回流(如第 6(a) 图中的虚线箭头所示),因此,该谐振电感器 L_r 上的电流 i_{Lr} 即不会对该初级绕组 N_p 上的寄生电容过度正向充电,使得该初级绕组 N_p 的寄生电容上跨压 v_p 不致大于该输入电压 V_s 减去该谐振电容器 C_r 上跨压 V_{Cr} 的差值。

[0053] 另,请参阅图 6(b) 所示,当该功率开关 Q_1 被该谐振控制晶片关闭,且经过一死区时间(dead time)后,该功率开关 Q_2 会被该谐振控制晶片导通,此时,由于该功率开关 Q_2 、该谐振电感器 L_r 、该初级绕组 N_p 的寄生电容与该谐振电容器会组成一回路,并产生一回路电流,使初级绕组 N_p 上的寄生电容被逆向充电,且由于该谐振电感器 L_r 与该寄生电容间会不可避免地产生一谐振行为,故该初级绕组 N_p 上的寄生电容会被过度逆向充电,且在该寄生电容上的跨压 v_p 大于该谐振电容器 C_r 上跨压 V_{Cr} 时,该电流回流电路 51 的第四整流器 D_4 会被导通,而能导引该谐振电感器 L_r 上的电流 i_{Lr} 在由该功率开关 Q_2 、谐振电感器 L_r 及第四整流器 D_4 所组成的回路产生回流(如图 6(b) 中的虚线箭头所示),故,该谐振电感器 L_r 上的电流 i_{Lr} 即不会对该初级绕组 N_p 上的寄生电容过度逆向充电,使得该初级绕组 N_p 的寄生电容上跨压 v_p 不致大于该谐振电容器 C_r 上跨压 V_{Cr} 的值。

[0054] 据上所述,由于该第三整流器 D_3 及第四整流器 D_4 仅会在该等功率开关 Q_1 、 Q_2 切换的瞬间,且该初级绕组 N_p 上寄生电容的跨压 v_p 大于该输入电压 V_s 减去该谐振电容器 C_r 上跨压 V_{Cr} 的差值,或大于该谐振电容器 C_r 上跨压 V_{Cr} 的值时,分别自然地导通(activated naturally),故,该初级绕组 N_p 的寄生电容上不会蓄积多余的能量,因此亦不会将多余的能量转移至该等次级绕组 N_{S1} 、 N_{S2} ,故无论该次级绕组 N_{S1} 、 N_{S2} 或输出电容器 C_o 上均不会因该

寄生电容上蓄积的多余能量而产生突波电流 (spiking current), 使得该谐振转换器所产生的该输出电压 V_o 在轻负载时能被有效地维持在一范围 (如: 设计输出电压之 $\pm 5\%$ 范围内)。

[0055] 按, 图 5 所示仅是本发明的一较佳实施例, 惟, 在实施本发明时, 并不局限于此, 亦可依据实际需要, 变更该 LLC 串联谐振转换器的初级侧或次级侧的电路设计, 惟, 无论变更该 LLC 串联谐振转换器的初级侧或次级侧的电路设计, 本发明在此欲主张保护的电路结构是专指应用至一 LLC 串联谐振转换器的电路结构, 故, 凡熟悉该 LLC 串联谐振转换器的设计领域的技术人士, 根据本发明的设计理念, 在一 LLC 串联谐振转换器上, 增设一电流回流电路 51, 使得该电流回流电路 51 能在该等功率开关 Q_1 、 Q_2 切换的瞬间, 导引该谐振电感器 L_r 上的电流产生回流, 使得该初级绕组 N_p 的寄生电容上跨压 v_p 不致大于该输入电压 V_s 减去该谐振电容器 C_r 上跨压 V_{Cr} 的差值, 或不致大于该谐振电容器 C_r 上跨压 V_{Cr} 的值, 以使该 LLC 串联谐振转换器所产生的该输出电压 V_o 在轻负载时能被有效地维持在一范围, 即应属本发明在此欲主张保护的电路结构的范围。

[0056] 本发明的第二个较佳实施例系提供一种利用电流回流电路实现轻负载调节机制的 LLC 串联谐振转换器, 请参阅图 7 所示, 该 LLC 串联谐振转换器是将图 5 所示的该谐振电容器 C_r 改设在该初级绕组 N_p 及该谐振电感器 L_r 之间, 其运作原理及所获致的效能均与图 5 所示的 LLC 串联谐振转换器相同, 故兹不再赘述其细节。

[0057] 本发明的第三个较佳实施例是提供一种利用电流回流电路实现轻负载调节机制的 LLC 串联谐振转换器, 请参阅图 8 所示, 该 LLC 串联谐振转换器的次级侧电路系与图 5 所示的次级侧电路完全相同, 故兹仅就其初级侧电路说明如下。该谐振转换器的初级侧电路包括一半桥电路 52、一谐振电感器 L_r 、一谐振电容器 C_r 、一电流回流电路 51、一辅助绕组 N_A 及一变压器 T_1 ; 其中该半桥电路 52 是由一第一功率开关 Q_1 及一第二功率开关 Q_2 串联而成, 且与一输入电压 V_s 相并联, 该第一功率开关 Q_1 及第二功率开关 Q_2 的栅极分别与一谐振控制晶片 (图中未示) 上对应的控制接脚相连接, 该第一功率开关 Q_1 的汲极与该输入电压 V_s 的正极相连接, 其源极与该第二功率开关 Q_2 的汲极相连接, 该第二功率开关 Q_2 的源极则连接至该输入电压 V_s 的负极, 使得该半桥电路 52 能平顺地接收该输入电压 V_s 传来的能量, 且提供一稳定的电压予该变压器 T_1 使用; 该变压器 T_1 的一初级绕组 N_p 上与生俱有的一磁感 L_m , 是以并联至该初级绕组 N_p 的方式表示如图 8 所示, 该谐振电感器 L_r 、该磁感 L_m 及该谐振电容器 C_r 等三者系依序串接成一 LLC 谐振电路, 且与该第二功率开关 Q_2 相并联, 该初级绕组 N_p 的一端透过该谐振电感器 L_r , 连接至该二功率开关 Q_1 、 Q_2 间的线路, 其另一端与该谐振电容器 C_r 的一端相连接, 该谐振电容器 C_r 的另一端则与该第二功率开关 Q_2 的源极相连接; 该辅助绕组 N_A 与该初级绕组 N_p 具有相同极性, 且其一端连接至该第三整流器 D_3 及第四整流器 D_4 间的线路, 其另一端则连接至该初级绕组 N_p 的另一端。

[0058] 在该第三个较佳实施例中, 由于该辅助绕组 N_A 能通过感应该初级绕组 N_p 的寄生电容上跨压, 分别导通该第三整流器 D_3 或第四整流器 D_4 , 进而导引该谐振电感器 L_r 上的电流透过该辅助绕组 N_A 形成回流, 故能获致图 5 所示 LLC 串联谐振转换器的相同运作原理及效能。

[0059] 本发明的第四个较佳实施例提供一种利用电流回流电路实现轻负载调节机制的 LLC 串联谐振转换器, 请参阅图 9 所示, 该 LLC 串联谐振转换器将图 8 所示的该谐振电容器

C_r 改设在该初级绕组 N_p 及该谐振电感器 L_r 之间,其运作原理及所获致的效能均与图 8 所示的 LLC 串联谐振转换器相同,故兹不再赘述其细节。

[0060] 兹为确认本发明的 LLC 串联谐振转换器的可行性,发明人乃根据图 5 所示的电路架构,实际设计一输出规格为 300 瓦特 24 伏特的电子线路,且根据图 1 所示的习知 LLC 串联谐振转换器的电路架构,设计另一相同规格的电子线路(不具备本发明的电流回流电路 51),做为一对照样本,且分别对二者进行实测、采样及性能比较。发明人在二者均无负载的状态下,以示波器 (oscilloscope) 对该对照样本的初级绕组 N_p 的寄生电容上的跨压 v_p 及次级侧的电流 i_s 进行实测及采样后发现,请参阅图 10(a) 所示,该对照样本的初级绕组 N_p 的寄生电容上的跨压 v_p 及次级侧的电流 i_s 波形上均出现明显的突波 (spikes),导致其输出电压 V_o 。在图 11(a) 所示由 A 位置至 B 位置的负载变化范围 (0.6 安培) 内,发生无法被有效地维持在一范围 (如:设计输出电压 24 伏的 $\pm 5\%$ 范围内),反而使该输出电压 V_o 的变化范围高达将近设计输出电压 24 伏的 50% 范围,此实测与采样结果验证了前述习知 LLC 串联谐振转换器无法达成轻负载电压调节 (light load regulation) 的缺陷。相反地,在同样无负载的状态下,以示波器 (oscilloscope) 对本发明的电子线路的初级绕组 N_p 的寄生电容上的跨压 v_p 及次级侧的电流 i_s 进行实测及采样后发现,请参阅图 10(b) 所示,本发明的电子线路的初级绕组 N_p 的寄生电容上的跨压 v_p 及次级侧的电流 i_s 波形上的突波已获得显著改善,且由图 11(b) 的 C 位置所示,输出电压 V_o 已被调节至一范围 (如:设计输出电压 24 伏的 $\pm 5\%$ 范围内),意即,本发明图 5 所示的 LLC 谐振转换器在轻负载时能使所产生的输出电压 V_o 被有效地调节并维持在一范围,显见本发明的 LLC 谐振转换器确实能达成使该初级绕组 N_p 、次级绕组 N_{s1} 、 N_{s2} 或输出电容器 C_o 上均不会因寄生电容上蓄积的多余能量而产生突波电流,且使得该谐振转换器所产生的该输出电压 V_o 在轻负载时能被有效地维持在设计输出电压的 $\pm 5\%$ 范围内的预期效果。

[0061] 以上所述,仅为本发明最佳具体实施例,惟本发明的构造特征并不局限于此,任何熟悉该项技艺者在本发明领域内,可轻易思及的变化或修饰,皆可涵盖在以下本案的专利范围。

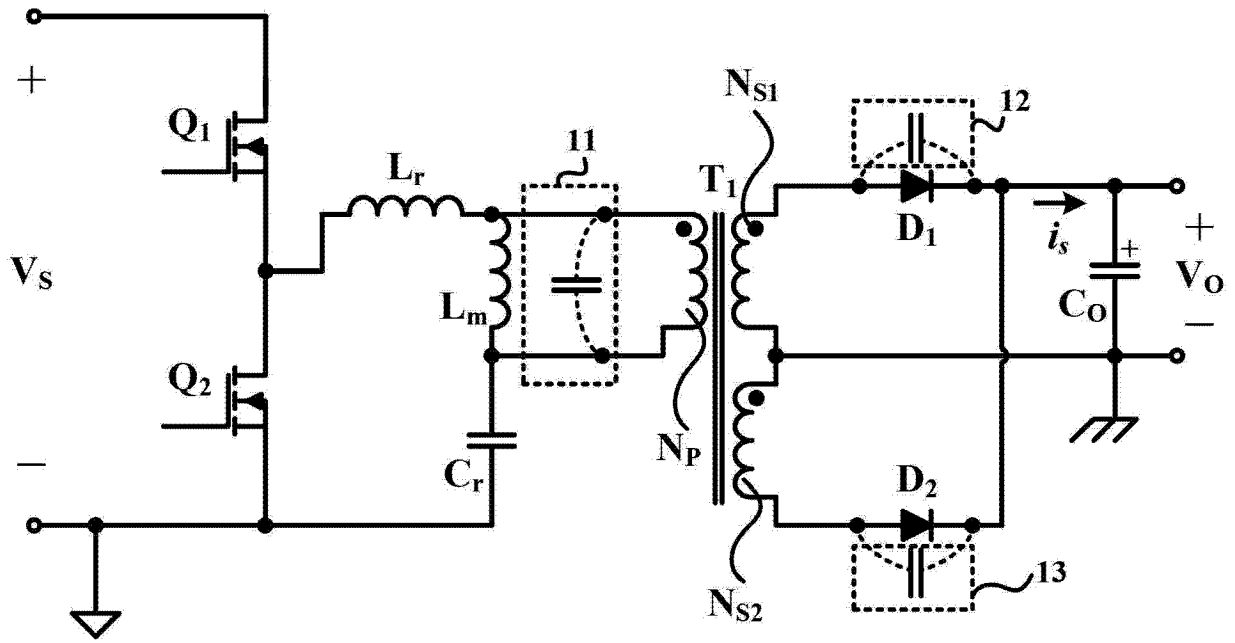


图 1

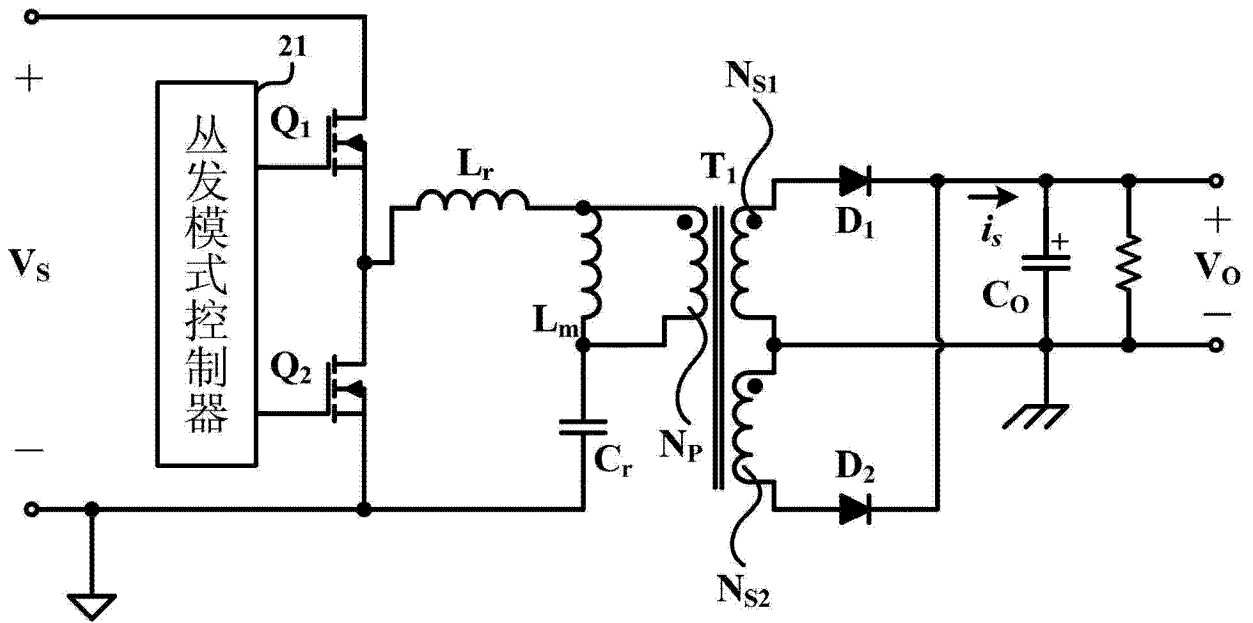


图 2

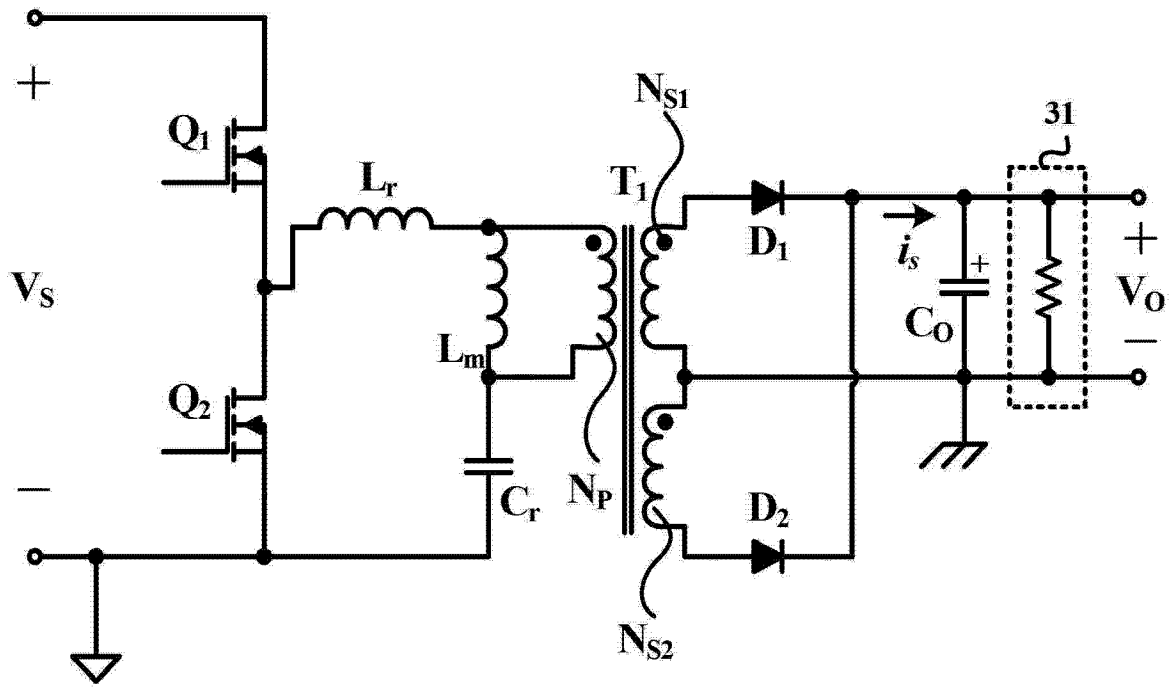


图 3

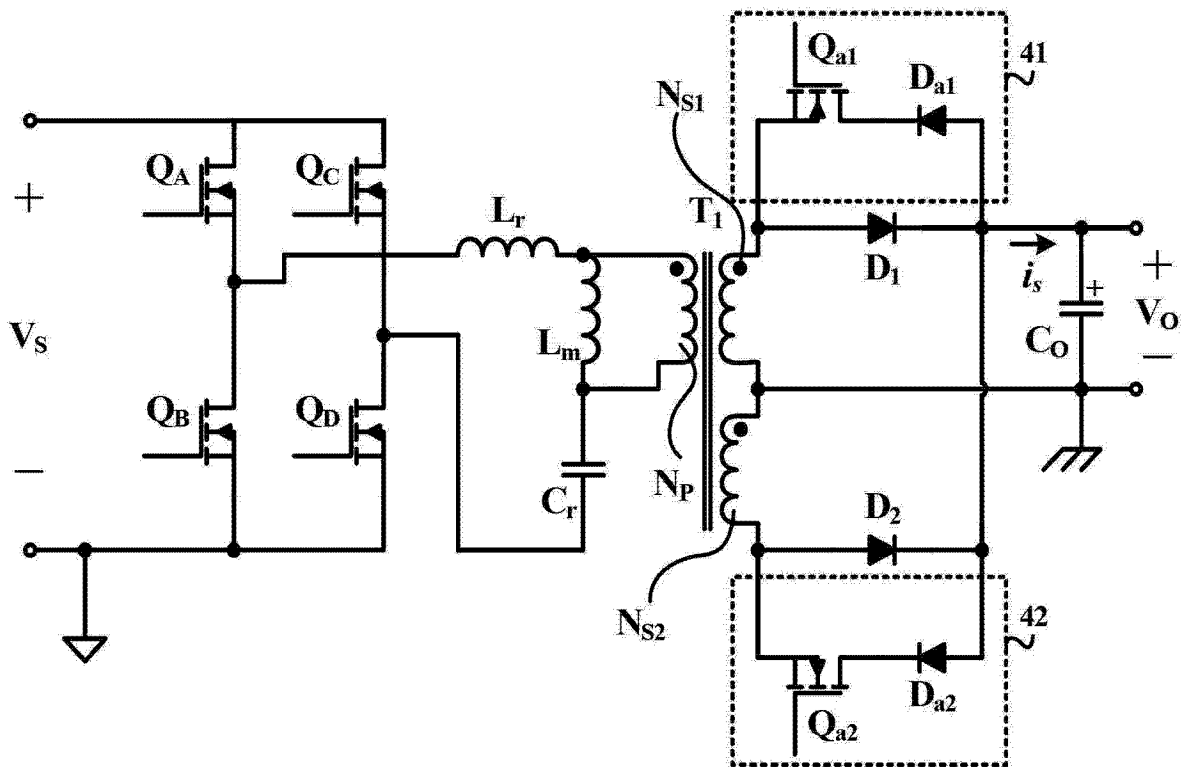


图 4

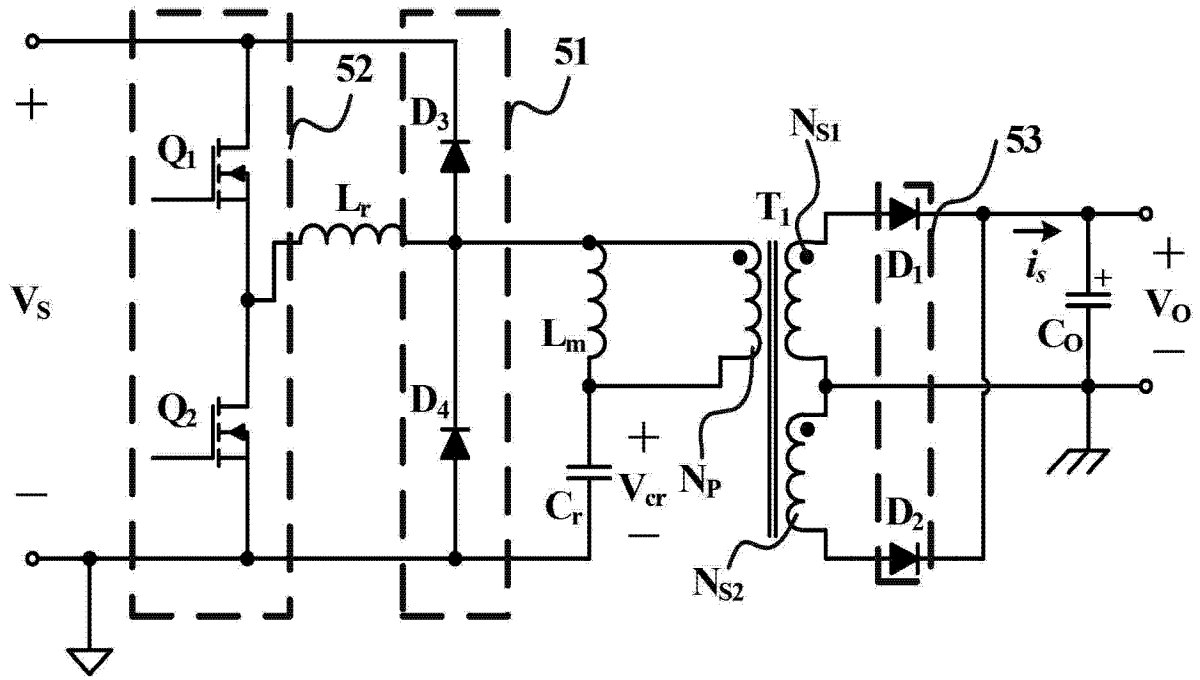


图 5

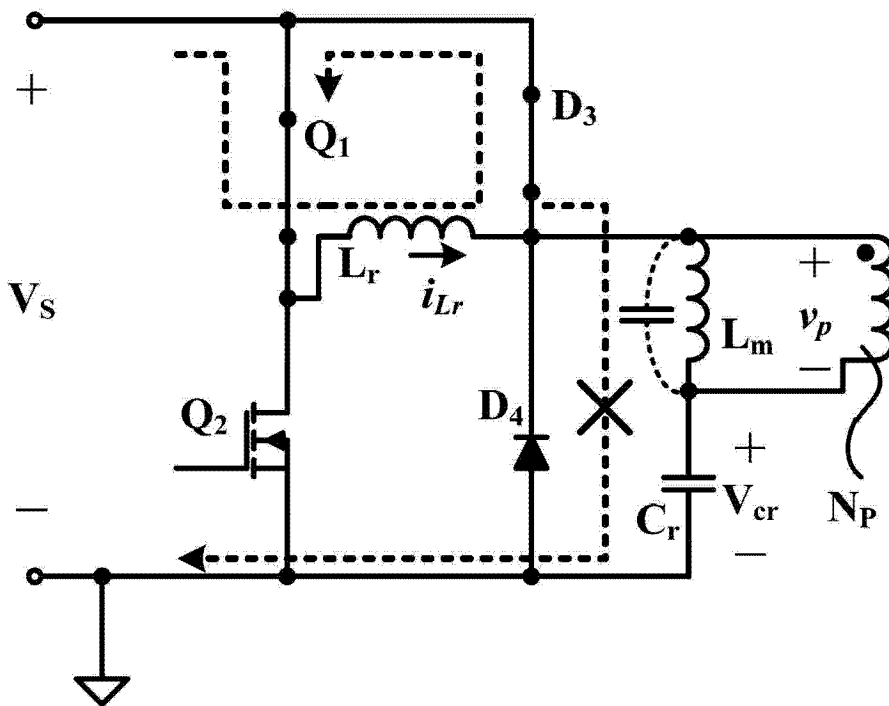


图 6(a)

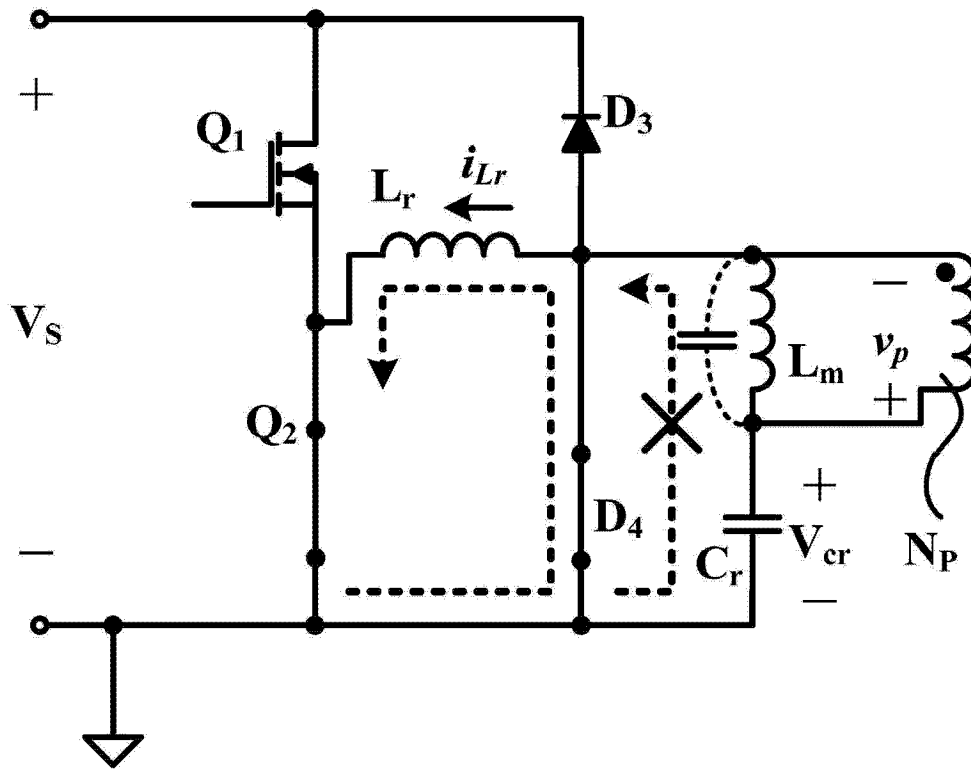


图 6 (b)

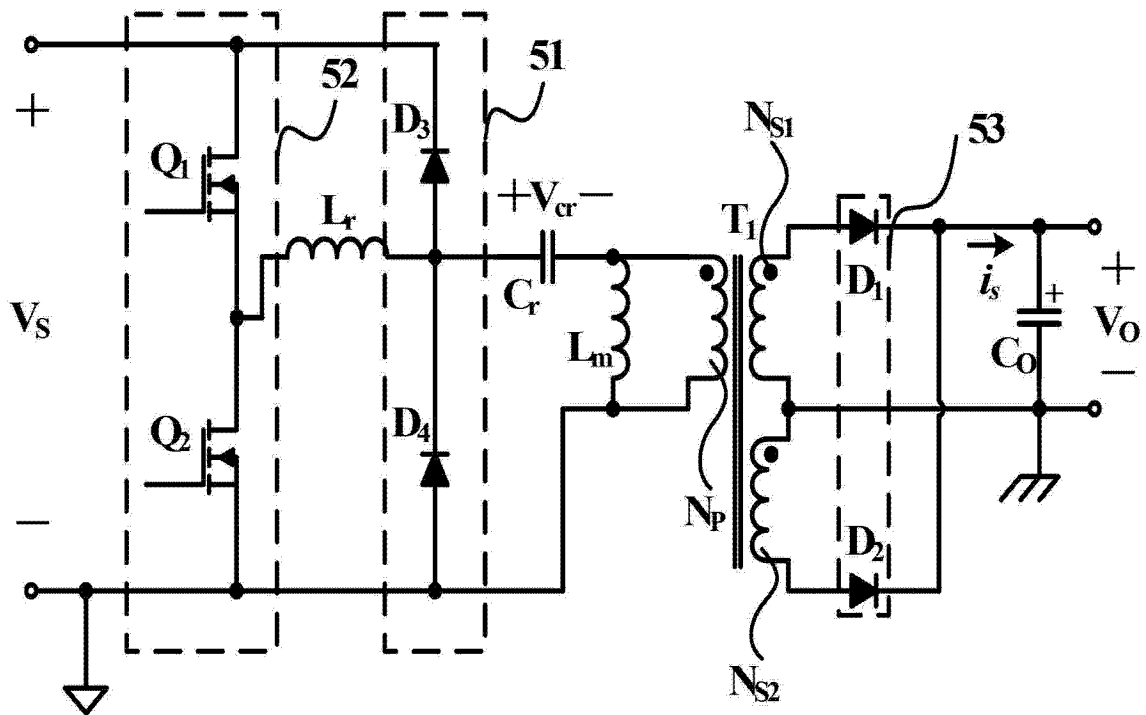


图 7

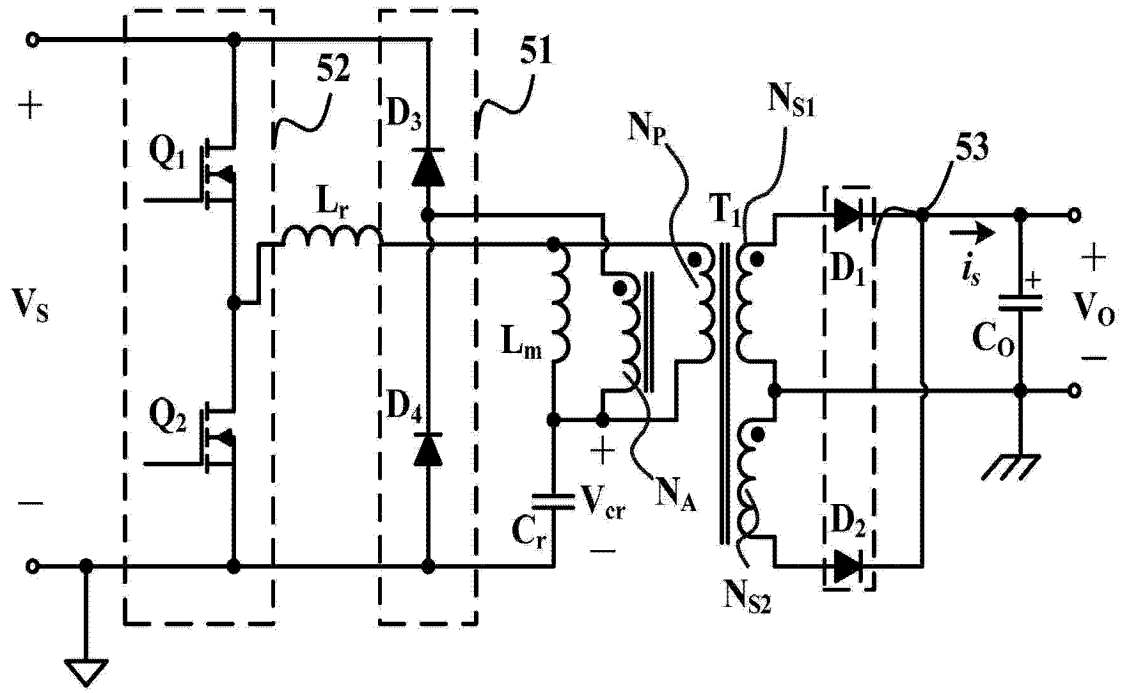


图 8

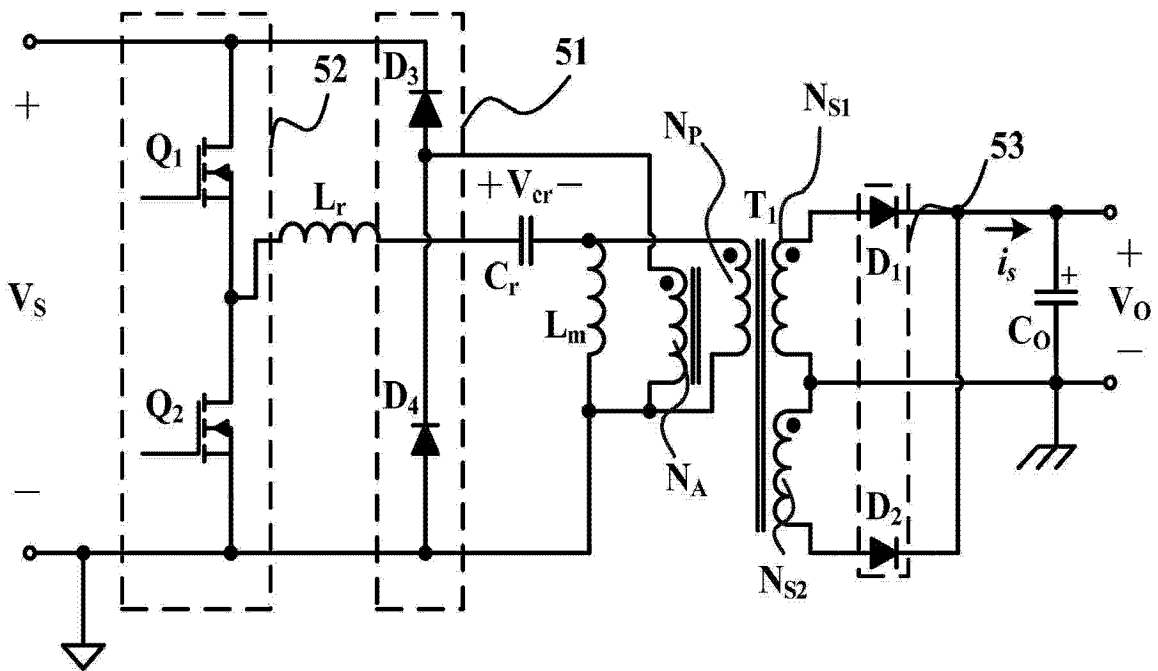


图 9

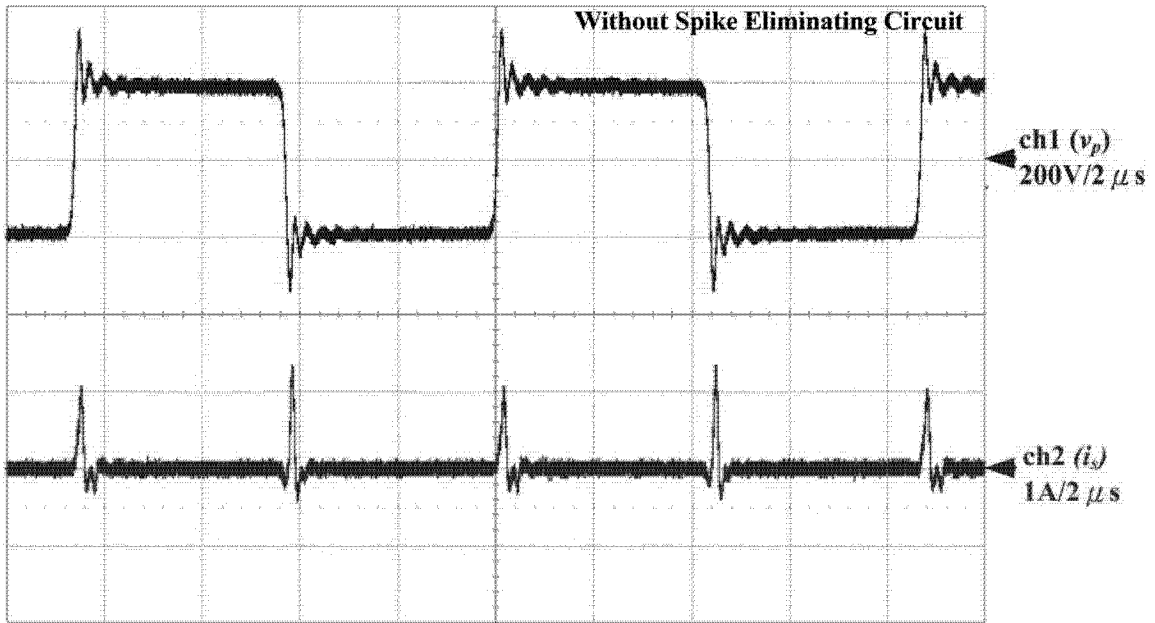


图 10(a)

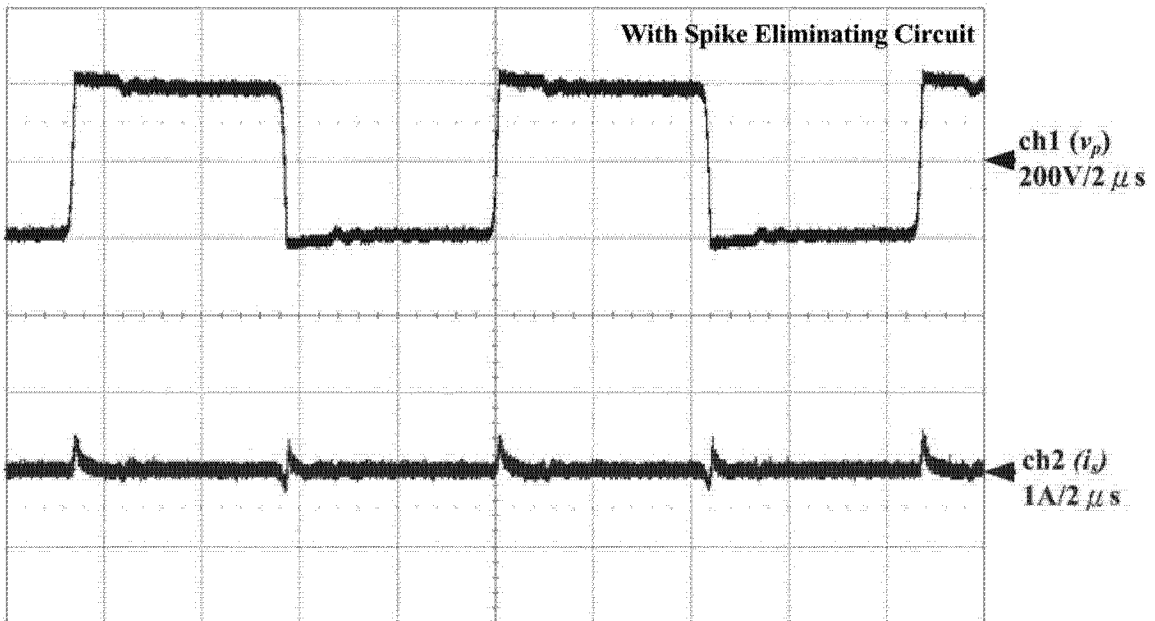


图 10(b)

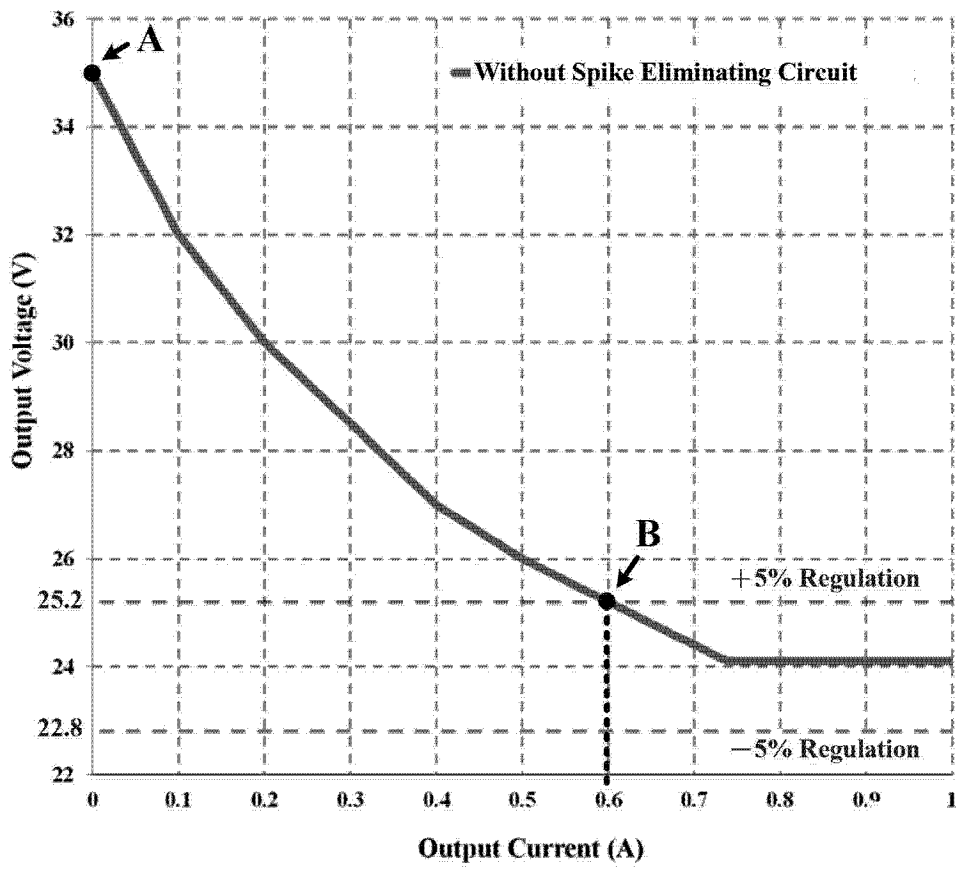


图 11(a)

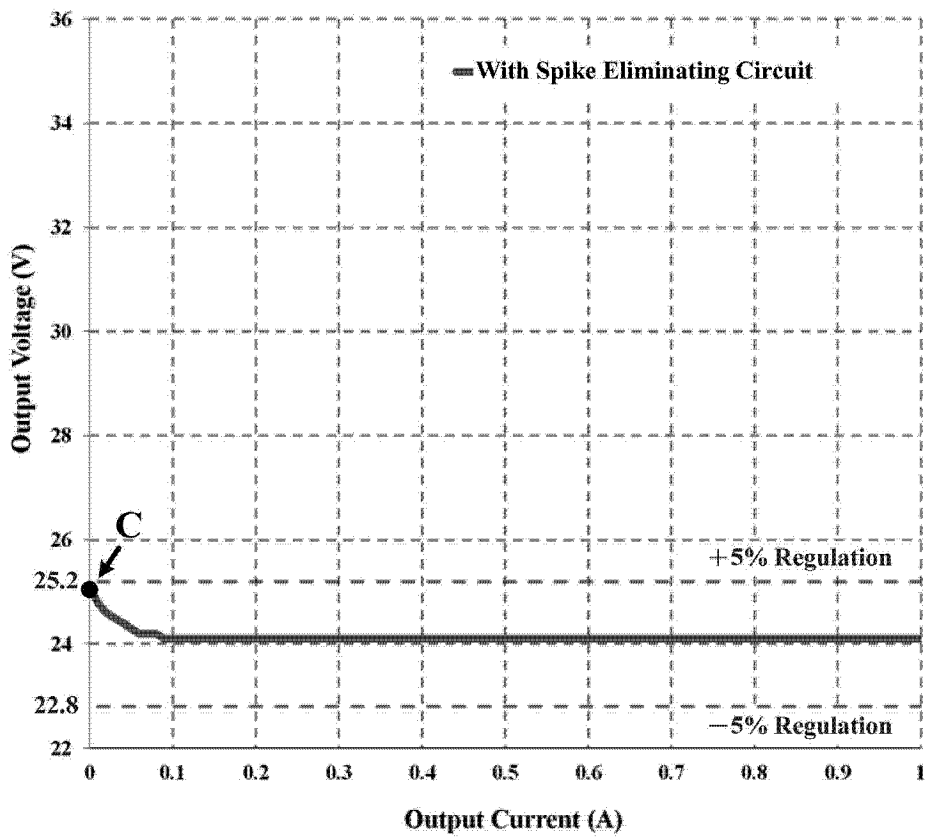


图 11 (b)