

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局



(43) 国际公布日
2007年6月21日 (21.06.2007)

PCT

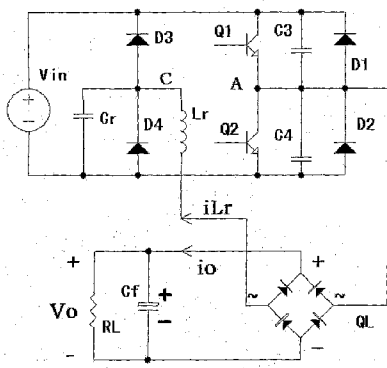
(10) 国际公布号
WO 2007/068186 A1

- (51) 国际专利分类号:
H02M 3/335 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2006/003302
- (22) 国际申请日: 2006年12月6日 (06.12.2006)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
200510102223.X
2005年12月15日 (15.12.2005) CN
- (71) 申请人 (对除美国外的所有指定国): 深圳市科陆电源技术有限公司 (SHENZHEN CLOU POWER TECHNOLOGY CO., LTD) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区高新技术产业园南区T2栋五楼, Guangdong 518057 (CN)。
- (72) 发明人; 及
- (75) 发明人/申请人 (仅对美国): 张益平 (ZHANG, Yiping) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区高新技术产业园南区T2栋五楼, Guangdong 518057 (CN)。
- (74) 代理人: 深圳市顺天达专利商标代理有限公司 (SHENZHEN STANDARD PATENT & TRADE-MARK AGENT LTD.); 中国广东省深圳市深南大道1056号银座国际大厦810-815, Guangdong 518040 (CN)。
- (81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,

[见续页]

(54) Title: A RESONANT SOFT-SWITCHED CONVERTER

(54) 发明名称: 一种谐振型软开关变换器



(57) Abstract: A resonant soft-switched converter includes a half-bridge composed of two power switches (Q1, Q2), the center point of the half-bridge is connected in series to one AC input of the rectifier bridge (QL), the other AC input of the rectifier bridge (QL), a resonant inductor (Lr), a resonant capacitor (Cr) and the negative terminal of the input power supply in turns, the positive and negative terminals of the rectifier bridge are connected in parallel to an output filter capacitor (Cf), and the output voltage derives from two terminals of the output filter capacitor (Cf). The converter further includes an additional inductor (L2), a third diode (D3) and a fourth diode (D4), the additional inductor (L2) is connected in parallel between the center point of the half-bridge and the anode of the third diode (D3), the cathode of the third diode (D3) and the anode of the fourth diode (D4) are connected to the positive and negative terminals of the input power supply, respectively, the node between the anode of the third diode (D3) and the cathode of the

fourth diode (D4) is connected with the node between the resonant capacitor (Cr) and the resonant inductor (Lr).

(57) 摘要:

一种谐振型软开关变换器, 包括由两个功率管 (Q1, Q2) 组成的半桥, 其中心点依次串联整流桥 (QL) 的一个交流端、整流桥 (QL) 的另一个交流端、谐振电感 (Lr)、谐振电容 (Cr) 和输入电源的负端, 整流桥的正、负端并联输出滤波电容器 (Cf), 输出电压取自输出滤波电容器 (Cf) 的两端。该变换器还包括辅助电感 (L2)、第三二极管 (D3)、和第四二极管 (D4), 辅助电感 (L2) 并联在半桥中心点与第三二极管 (D3) 的阳极之间, 第三二极管 (D3) 的阴极和第四二极管 (D4) 的阳极分别接输入电源的正、负端, 第三二极管 (D3) 的阳极和第四二极管 (D4) 的阴极之间的连接点与谐振电容 (Cr) 和 谐振电感 (Lr) 之间的连接点相连。

WO 2007/068186 A1



GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), 欧洲 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY,

本国际公布:

— 包括国际检索报告。

所引用双字母代码及其它缩写符号, 请参考刊登在每期PCT公报期刊起始的“代码及缩写符号简要说明”。

一种谐振型软开关变换器

技术领域

本发明涉及可用于开关电源内的开关变换器，尤其涉及软开关变换器，更具体地说，涉及采用电感、电容串联谐振电路，实现功率管、输出整流器件零电流关断和功率管零电压开通的谐振型软开关变换器。

背景技术

在功率电子学领域，将一种电能转换为另一种电能（如直流 5 伏转换直流 3 伏）进行功率转换的装置称为变换器，在电能转换中起调整作用的部件交替工作在开（即导通）和关（即截止）状态的变换器，就称为开关变换器。

在开关变换器中，设法使担任调整作用的功率管的两端电压或通过的电流按正弦规律变化，功率管在电压为零时“开通”（从截止转换为导通）称为零电压开关，或在电流为零时“关断”（从导通转换为截止）称为零电流开关，统称为软开关。进一步，利用电感、电容串联或并联谐振电路为功率管创造软开关条件的变换器，则称为谐振型软开关变换器。在传统开关变换器中，功率管在电压非零时开通或在电流非零时关断，则称为硬开关。

应用软开关技术的变换器较传统硬开关的变换器具有变换效率高、电磁干扰小等突出优点，因而获得了广泛的应用，所占的比例也越来越高，研究和应用新的软开关技术已成为开关变换器领域的重点和主流。

进一步，介绍软开关变换器的专业著作《直流开关电源的软开关技术》（阮新波、严仰光编著，北京：科学出版社 2000 年 1 月第一版，ISBN7-03-007766-0，中国版本图书馆 CIP 数据核字（1999）第 32120 号），在第 66 页图 2.12 串联负载串联谐振变换器（a）中，描述了半桥式谐振型软开关变换器的线路连接形式，为了描述方便，将串联元件的顺序做了调整，并重新绘制成说明书附图中的图 1；在该著作的第 69 页图 2.15 电流断续工作方式（ $f_s < 0.5f_r$ ）的主要波形，给出了上述变换器中主要元件的端电压和通过的电流在一个工作周期内随时间变化的波形，选择和本发明相关的图形，重新绘制成说明书附图中的图

2。其中 f_s 是功率管 Q1、Q2 的工作频率， f_r 是谐振电感 L_r 、电容 C_r 的自由谐振频率，其数值为 $L_r \cdot C_r$ 的平方根和 2π (π 为圆周率，3.1416) 乘积的倒数，具体说明如下：

如图 1，电阻 R_L 表示负载，电容 C_3 是功率管 Q1 的集电极、发射极之间的输出电容，电容 C_4 是功率管 Q2 的集电极、发射极之间的输出电容，这里明确绘制出来。在图 2 中，波形 D_{Q1} 、 D_{Q2} 分别表示功率管 Q1、Q2 的驱动波形，高电平驱动时功率管导通，低电平驱动时功率管截止。

如图 2，①输出电流 i_o 在 t_0 — t_1 时间段的电流幅度大，在 t_1 — t_2 时间段的电流幅度小，在一个周期内总平均值（即提供给负载的电流）受后者的影响将明显小于 t_0 — t_1 时间段的平均值。因而，图 1 所示的半桥式谐振型软开关变换器没有充分利用谐振回路传递能量的能力，提供给负载的电流较小；也可以说，如果要求负载电流一定的话，流过功率管 Q1 和 Q2、谐振电感 L_r 、谐振电容 C_r 、整流桥 Q_L 等的电流，在 t_0 — t_1 时间的平均值将明显大于一个周期内总平均值，从而导致流过上述元件的电流有效值明显加大，需要选择更高规格的元件，带来成本上升。②在功率管 Q2 开通时刻 t_3 ， V_{AB} 的电压为 $V_{in}/2$ ，点 B 的电压为 $V_{in}/2$ ，功率管 Q2 两端的电压为 $V_{in}/2 + V_{AB} = V_{in}$ ，可见功率管 Q2 开通时端电压较高，其输出电容 C_4 的储存能量将在开通过程中损耗掉，导致功率管 Q2 发热，对变换器的效率有负面影响。功率管 Q1 在 t_6 时刻的开通也有同样的问题。这种问题导致该现有技术的半桥式谐振型软开关变换器中功率管开通损耗较大。

发明内容

本发明需要解决的技术问题是，如何提供一种谐振型软开关变换器，能够充分利用谐振回路传递能量，且在同样的谐振电感、谐振电容规格下较现有谐振型软开关变换器供给负载的电流大；进一步，可以实现功率管零电压开通。

现有技术，图 1 所示谐振型软开关变换器中电容 C_1 、电容 C_2 、谐振电容 C_r 的宏观作用相当于一个电容，所以在本发明中统一使用一个谐振电容 C_r 来等效，本发明谐振电容 C_r 可以是一个、三个或其他数目电容的组合。

本发明这样解决上述技术问题,提供包括第一功率管 Q1 和第一二极管 D1, 第一功率管 Q1 的集电极、发射极分别连接到第一二极管 D1 的阴极、阳极; 第二功率管 Q2 和第二二极管 D2, 第二功率管 Q2 的集电极、发射极分别连接到第二二极管 D2 的阴极、阳极; 所述第一二极管 D1 的阴极、第二二极管 D2 的阳极分别连接输入电源 V_{in} 的正、负端, 第一二极管 D1 的阳极、第二二极管 D2 阴极并接后连接到整流桥 QL 一个交流端, 整流桥 QL 另一个交流端串联谐振电感 L_r 后连接到谐振电容 C_r 的一端; 所述谐振电容 C_r 的另一端连接到输入电源的负端上; 所述整流桥 QL 的正、负端对应并联有输出滤波电容 C_f , 输出电压 V_o 取自输出滤波电容 C_f 两端; 其特征在于, 还包括第三二极管 D3、第四二极管 D4, 所述第三二极管 D3 的阴极、第四二极管 D4 的阳极分别连接输入电源的正、负端, 第三二极管 D3 阳极、第四二极管 D4 的阴极并接后, 与谐振电容 C_r 、谐振电感 L_r 之间的连接点相连。

按照本发明提供的谐振型软开关变换器, 进一步还包括辅助电感 L_2 , 所述的辅助电感 L_2 并联在第三二极管阳极 D3 与第一二极管阳极 D1 之间, 或并联在整流桥 QL 的两个交流端之间。

按照本发明提供的谐振型软开关变换器, 所述的二极管 D1、D2、D3、D4 都为快恢复或超快恢复二极管。

按照本发明提供的谐振型软开关变换器, 所述的功率管 Q1、Q2 可以是功率场效应晶体管 MOSFET 或绝缘栅双极晶体管 IGBT。使用 MOSFET 时省略二极管 D1 和 D2。

本发明上述技术问题还可以这样解决, 提供一种有变压器隔离的谐振型软开关变换器, 包括第一功率管 Q1 和第一二极管 D1, 第一功率管 Q1 的集电极、发射极分别连接到第一二极管 D1 的阴极、阳极; 第二功率管 Q2 和第二二极管 D2, 第二功率管 Q2 的集电极、发射极分别连接到第二二极管 D2 的阴极、阳极; 所述第一二极管 D1 的阴极、第二二极管 D2 的阳极分别连接输入电源 V_{in} 的正、负端, 第一二极管 D1 的阳极、第二二极管 D2 阴极并接后连接到隔离变压器 T 初级 NP 的一端, 所述隔离变压器 T 初级 NP 的另一端串联谐振电感 L_r 后连接到谐振电容 C_r 的一端; 所述谐振电容 C_r 的另一端连接到输入电源的负端上;

所述隔离变压器 T 次级 NS 两端分别连接到整流桥 QL 两个交流端；所述整流桥 QL 的正、负端对应并联有输出滤波电容 Cf，输出电压 Vo 取自输出滤波电容 Cf 两端；其特征在于，还包括第三二极管 D3、第四二极管 D4，所述第三二极管 D3 的阴极、第四二极管 D4 的阳极分别连接输入电源的正、负端，第三二极管 D3 阳极、第四二极管 D4 的阴极并接后，与谐振电容 Cr、谐振电感 Lr 之间的连接点相连。

按照本发明提供的进一步包括辅助电感 L2，所述的辅助电感 L2 并联在第三二极管阳极 D3 与第一二极管 D1 阳极之间，或并联在隔离变压器 T 的初级 NP 两端之间谐振型软开关变换器。

按照本发明提供的谐振型软开关变换器，所述的二极管 D1、D2、D3、D4 都为快恢复或超快恢复二极管。

按照本发明提供的谐振型软开关变换器，所述的功率管 Q1、Q2 可以是功率场效应晶体管 MOSFET 或绝缘栅双极晶体管 IGBT。使用 MOSFET 时省略二极管 D1 和 D2。

本发明提供的谐振型软开关变换器，不但可以充分利用谐振回路传递能量的能力，在同样的谐振电感、谐振电容规格下，可以比现有技术的谐振型软开关变换器向负载提供更大的电流，输出更大的功率；而且进一步改进的电路中，功率管实现零电压开通，效率提高，提高变换器的工作频率而不增加损耗，可以通过提高变换器的工作频率来减小隔离变压器、谐振电感的体积，继而减小整个变换器的体积，实现小型化、低成本化；同时，零电压开通可以有效降低电压时间变化率，降低电磁辐射。因此本发明提供的谐振型软开关变换器具有电磁干扰小、效率高、成本低等突出优点。

附图说明

下面结合附图和具体实施例进一步对本发明进行详细说明。

图 1 是现有技术的串联负载串联谐振变换器的原理图；

图 2 是图 1 所示的串联负载串联谐振变换器中部分电量的波形图；

图 3 是本发明实施例之一的第一种谐振型软开关变换器的原理图；

图 4 是图 3 所示的实施例之一中主要电量的波形图；

图 5 是本发明实施例之二的第二种谐振型软开关变换器改进型的原理图；

图 6 是图 4 所示的实施例之二中主要电量的波形图；

图 7 是本发明实施例之三的第三种谐振型软开关隔离变换器的原理图；

图 8 是本发明实施例之四的第四种谐振型软开关隔离变换器改进型的原理图。

具体实施方式

(一) 本发明实施例之一的第一种谐振型软开关变换器：

①基本电路，结构如图 3 所示，包括：第一功率管 Q1 和第一二极管 D1，第一功率管 Q1 的集电极、发射极分别连接到第一二极管 D1 的阴极、阳极；第二功率管 Q2 和第二二极管 D2，第二功率管 Q2 的集电极、发射极分别连接到第二二极管 D2 的阴极、阳极；所述第一二极管 D1 的阴极、第二二极管 D2 的阳极分别连接输入电源 V_{in} 的正、负端，第一二极管 D1 的阳极、第二二极管 D2 的阴极并接后连接到整流桥 QL 一个交流端 (\sim)，所述整流桥 QL 另一个交流端 (\sim) 串联谐振电感 L_r 后连接到谐振电容 C_r 的一端；所述谐振电容 C_r 的另一端连接到输入电源 V_{in} 的负端上；所述整流桥 QL 的正 (+)、负 (-) 端对应并联有输出滤波电容 C_f ，输出电压 V_o 取自输出滤波电容 C_f 两端；其特征在于：

还包括第三二极管 D3、第四二极管 D4，所述第三二极管 D3 的阴极、第四二极管 D4 的阳极分别连接输入电源 V_{in} 的正、负端，第三二极管 D3 阳极、第四二极管 D4 的阴极并接后，与谐振电容 C_r 、谐振电感 L_r 之间的连接点相连。

在图 3 中，电容 C_3 是第一功率管 Q1 的集电极、发射极之间的输出电容与外并电容之和，电容 C_4 是第二功率管 Q2 的集电极、发射极之间的输出电容与外并电容之和，电阻 R_L 表示负载。

本发明实施例之一的第一种谐振型软开关变换器，通过增加第三二极管 D3、第四二极管 D4，在功率管 Q1 (或 Q2) 导通时，在通过谐振电容 C_r 、谐振电感 L_r 向负载传递电流的过程中，可以限制谐振电容 C_r 与谐振电感 L_r 连接

点的电压不超过输入电源的正（或负）端，从而阻止谐振电容 C_r 、谐振电感 L_r 继续向负（或正）方向谐振，可以节省现有技术中反方向谐振即图 2 传递小电流的 t_1-t_2 （或 t_4-t_5 ）时间段，提高大电流传输时间所占的比例而提高输出电流的平均值。

②工作原理，结合图 4 详细说明本实施例的工作过程。

首先，为了便于分析该变换器的工作原理，做以下 4 点假定：

1. 所有元器件都是理想的，即忽略功率管的导通压降，忽略二极管、功率管截止时的漏电流，忽略电容的串联电阻等。

2. 输出滤波电容 C_f 足够大，在一个开关周期内，它等效于恒值电压源 V_o 。

3. 当有电流通过整流桥 QL 两交流端时，其两个交流端的电压被钳位在 V_o+2V_d 上，其中 V_o 是输出电压， $2V_d$ 是整流桥 QL 内部两个二极管的正向导通压降（每个约 1V）。

4. 未指定参考点的电压均相对于输入电源的负端。

然后，本实施例的一个完整的工作周期 t_0-t_6 ，可分为 6 个时间段来描述，其主要电量波形如图 4 所示，基本说明如下：图 4 中，自上而下每个波形的含义为：(1)DQ1、DQ2 分别为功率管 Q1、Q2 的驱动波形，高电平驱动时功率管导通，低电平驱动时功率管截止；(2)VC 是二极管 D3 的阳极即 C 点相对于输入电源负端的电压， i_{Lr} 是通过谐振电感 L_r 的电流， i_o 为流出整流桥 QL 正端的电流，流向负载 R_L 的电流是 i_o 的平均值；(3)由于整流桥 QL 的换向作用，电流 i_o 始终保持为正向，是电流 i_{Lr} 的绝对值。

最后，结合图 4 分别具体说明本实施例一个完整工作周期内的 6 个时间段（设在 t_0 时刻之前，电路的初始状态为：功率管 Q1、Q2 都处于截止状态）：

1. t_0-t_1 时间段

如图 4 所示，在时刻 t_0 ，功率管 Q1 在驱动脉冲 DQ1 的作用下导通，输入电源 V_{in} 通过功率管 Q1、整流桥 QL 的两个交流端、谐振电感 L_r 、谐振电容 C_r ，形成电流通路。

在上述通路上，功率管 Q1 相当于短路，整流桥 QL 的两个交流端等效为 V_o+2V_d 的电压源，所以作用于谐振电感 L_r 、谐振电容 C_r 串联电路上为一电压

源,其电压值约为 $V_{in} - (V_o + 2V_d)$ 。谐振电感 L_r 、谐振电容 C_r 开始串联谐振,通过谐振电感 L_r 的电流 i_{Lr} 从 0 开始谐振上升,增大到峰值后又逐渐下降,形成正弦状的波形。

谐振电容 C_r 在电流 i_{Lr} 的作用下,其和谐振电感 L_r 连接点 C 的电压 V_C 从 0 开始持续上升。直到 t_1 时刻,该点电压达到 $V_{in} + V_d$ (V_d 为二极管 D3 导通电压)时,二极管 D3 导通, V_C 被钳位并不再上升,谐振电容 C_r 退出谐振。到 t_1 后,电流 i_{Lr} 通过功率管 Q1、整流桥 QL 的两个交流端、二极管 D3 形成通路,表明自由谐振结束。

2. $t_1 - t_2$ 时间段

如图 4 所示, $t_1 - t_2$ 时间段内,电流 i_{Lr} 通过功率管 Q1、整流桥 QL 的两个交流端、二极管 D3 形成通路。功率管 Q1 相当于短路,整流桥 QL 的两个交流端等效为 $V_o + 2V_d$ 的电压源,电流 i_{Lr} 在电压源 $V_o + 2V_d + V_d$ (V_d 为二极管 D3 导通电压)的作用下线性下降,直到 t_2 时刻,电流 i_{Lr} 下降到 0。这段时间, V_C 一直保持为 $V_{in} + V_d$ 。

3. $t_2 - t_3$ 时间段

如图 4 所示, $t_2 - t_3$ 时间段内,电流 i_{Lr} 保持为 0,这期间关断功率管 Q1 为零电流关断,整流桥 QL 内的两个二极管也为零电流关断。

特别指出的是,本发明通过钳位 C 点的电压,阻止电流 i_{Lr} 在功率管 Q1 导通期间向反方向变化。与现有技术相比,可以节省现有技术中反方向谐振即图 2 中传递小电流的时间,提高大电流传递所占的时间比例,从而提高了向负载传递电流的平均值。

4-6. $t_3 - t_4$ 、 $t_4 - t_5$ 、 $t_5 - t_6$ 时间段

如图 4 所示,在 t_3 时刻,功率管 Q2 在驱动脉冲 DQ2 的作用下导通。后续的 3 个时间段的情形和本实施例上述在先的 3 个时间段一致,须按照以下五个映射关系做对应,包括:(1)导通的功率管从 Q1 映射为 Q2;(2)钳位 C 点电压的二极管从 D3 映射为 D4;(3)点 C 的电压从 0 上升到 $V_{in} + V_d$ 映射为从 $V_{in} + V_d$ 下降到 $-V_d$;(4)电流 i_{Lr} 从正向映射为反向,(5)时间段 $t_0 - t_1$ 、 $t_1 - t_2$ 、 $t_2 -$

t_3 按顺序映射为 t_3-t_4 、 t_4-t_5 、 t_5-t_6 。 t_6 是下一个工作周期的开始，相当于当前周期的 t_0 。

由上电路分析，可以得出如下结论：功率管 Q1、功率管 Q2、整流桥 QL 内的二极管在工作过程中都为零电流关断，因而，该实施例提高了大电流传递所占的时间比例，从而提高了向负载传递电流的平均值，可以输出比现有技术更大的功率。

(二) 本发明实施例之二的第二种谐振型软开关变换器改进型：

①基本电路，结构如图 5 所示，在第一种谐振型软开关变换器的基础上，还包括辅助电感 L2，所述的辅助电感 L2 并联在第一二极管 D1 的阳极、第三二极管 D3 的阳极之间，或者并联整流桥 QL 的两个交流端之间。

本发明通过增加辅助电感 L2，在功率管导通时储存能量，在两个功率管都关闭的时间内，和功率管的输出电容产生谐振，将即将导通的功率管输出电容的储能释放掉，为其零电压开通创造条件，实现功率管 Q1、Q2 的零电压开通，进一步提高了变换器的效率，而且降低了电压变化率，实现了低电磁辐射。

②工作原理，结合图 6 详细说明本实施例的工作过程。

首先，同样为了便于分析该变换器的工作原理，也作 4 点假定，该 4 点假定与上述实施例之一的第一种谐振型软开关变换器所作的假定完全一致。

然后，本实施例一个完整的开关周期 t_0-t_{10} ，可分为 10 个时间段来描述，其主要电量波形如图 6 所示，基本说明如下：图 6 中，自上而下每个波形的含义为：(1)DQ1、DQ2 分别为中功率管 Q1、Q2 的驱动波形，高电平驱动时功率管导通，低电平驱动时功率管截止；(2) V_A 是二极管 D1 的阳极即 A 点的电压； i_{L2} 是通过辅助电感 L2 的电流； V_C 是二极管 D3 的阳极即 C 点的电压； i_{Lr} 是通过谐振电感 L_r 的电流， i_o 为流出整流桥 QL 正端的电流，流向负载 RL 的电流是 i_o 的平均值；(3)由于整流桥 QL 的换向作用，电流 i_o 始终保持为正向，是电流 i_{Lr} 的绝对值。

最后，结合图 6 分别具体说明本实施例一个完整工作周期内的 10 个时间段（设在 t_0 时刻之前，电路的初始状态为：功率管 Q1、Q2 都处于截止状态）：

1. t_0-t_1 时间段

如图 6 所示, 在时刻 t_0 , 功率管 Q1 在驱动脉冲 DQ1 的作用下导通, 输入电源 V_{in} 通过功率管 Q1、整流桥 QL 的两个交流端、谐振电感 L_r 、谐振电容 C_r , 形成第一条电流通路。同时, 输入电源 V_{in} 通过功率管 Q1、辅助电感 L_2 、谐振电容 C_r , 形成第二条电流通路。

实际应用中, 辅助电感 L_2 设计的电感量远大于谐振电感 L_r , 通过辅助电感 L_2 的电流 i_{L2} 的幅度数值较小, 而且远小于通过谐振电感 L_r 的电流 i_{Lr} 的幅度, 对第一条电流通路谐振过程的影响微乎其微, 可以忽略, 后面的描述就忽略了电流 i_{L2} 的影响。

在第一条电流通路上, 功率管 Q1 相当于短路, 整流桥 QL 的两个交流端等效为 V_o+2V_d 的电压源, 所以作用于谐振电感 L_r 、谐振电容 C_r 串联电路上为一电压源, 其电压值约为 $V_{in} - (V_o+2V_d)$ 。谐振电感 L_r 、谐振电容 C_r 开始自由谐振, 通过谐振电感 L_r 的电流 i_{Lr} 从 0 开始谐振上升, 增大到峰值后又逐渐下降, 形成正弦状的波形。

谐振电容 C_r 在电流 i_{Lr} 的作用下, 其和谐振电感 L_r 连接点 C 的电压 V_C 从 0 开始持续上升。直到 t_1 时刻, 该点电压达到 $V_{in}+V_d$ (V_d 为二极管 D3 导通电压) 时, 二极管 D3 导通, V_C 被钳位并不再上升, 谐振电容 C_r 退出串联谐振。到 t_1 后, 电流 i_{Lr} 通过功率管 Q1、整流桥 QL 的两个交流端、二极管 D3 形成通路, 表明串联谐振结束。

在第二条电流通路上, 通过辅助电感 L_2 的电流 i_{L2} 也谐振上升, 形成正弦状的波形, 从负向持续上升到 t_1 时刻的正向最大值。

2. t_1-t_2 时间段

如图 6 所示, t_1-t_2 时间段内, 电流 i_{Lr} 通过功率管 Q1、整流桥 QL 的两个交流端、二极管 D3 形成通路, 功率管 Q1 相当于短路, 整流桥 QL 的两个交流端等效为 V_o+2V_d 的电压源, 电流 i_{Lr} 在电压源 $V_o+2V_d+V_d$ (V_d 为二极管 D3 导通电压) 的作用下线性下降, 直到 t_2 时刻, 电流 i_{Lr} 下降到 0。这段时间, V_C 一直保持为 $V_{in}+V_d$ 。

如图 6 所示, t_1 — t_2 时间段内, 辅助电感 L_2 、功率管 Q_1 、二极管 D_3 构成通路, 作用于辅助电感 L_2 两端的电压为 V_d , 接近于 0, 所以电流 i_{L2} 保持为正向最大值几乎不变。

3. t_2 — t_3 时间段

如图 6 所示, t_2 — t_3 时间段内, 电流 i_{Lr} 保持为 0, 整流桥 QL 内的两个二极管为零电流关断。这期间, 二极管 D_3 、功率管 Q_1 、辅助电感 L_2 构成电流通路, 通过的电流 i_{L2} 保持为正向最大值。

特别指出的是, 本发明通过钳位 C 点的电压, 阻止电流 i_{Lr} 在功率管 Q_1 导通期间向反方向变化。与现有技术相比, 可以节省现有技术中反方向谐振即图 2 中传递小电流的时间, 提高大电流传递所占的时间比例, 从而提高了向负载传递电流的平均值。

4. t_3 — t_4 时间段

如图 6 所示, t_3 时刻, 功率管 Q_1 的两端电压为 0, 由于电容 C_3 的缓冲作用, 此时关断是零电压关断; t_3 时刻, 功率管 Q_1 流通的电流为 i_{L2} 正向最大值, 其数值如前述也很小, 此时关断可近似认为零电流关断。

从图 6 描绘的图形看, 电流 i_{L2} 不小, 主要是为了能清楚描述电流变化的细节, 有意进行了放大, 和电流 i_{Lr} 使用了不同的比例, 实际应用中, 电流 i_{L2} 和电流 i_{Lr} 的幅度比为 1: 10 到 1: 30, 差别甚至更大。

功率管 Q_1 关断后, 二极管 D_3 、辅助电感 L_2 、电容 C_3 和 C_4 、输入电源 V_{in} 形成通路, 在电流 i_{L2} 的作用下, 电容 C_3 持续充电, 电容 C_4 持续放电, 功率管 Q_2 集电极、发射极的电压 V_A 从 V_{in} 持续下降。直到 t_4 时刻, 二极管 D_2 导通, 电压 V_A 钳位于 $-V_d$ (二极管 D_2 正向导通压降) 上。

5. t_4 — t_5 时间段

如图 6 所示, t_4 — t_5 时间段, 二极管 D_3 、辅助电感 L_2 、二极管 D_2 、输入电源 V_{in} 形成通路, 电流 i_{L2} 受反向 V_{in} 的作用而线性下降, 电压 V_A 继续保持在 $-V_d$ 上。

6. t_5 — t_6 、 t_6 — t_7 、 t_7 — t_8 、 t_8 — t_9 、 t_9 — t_{10} 时间段

如图 6 所示, 在 t_5 时刻, 功率管 Q2 集电极、发射极的电压就是电压 V_A , 保持在 $-V_d$ (约 1V, 相比输入电源 V_{in} , 近似认为是 0) 上, 功率管 Q2 此刻在驱动脉冲 DQ_2 的作用下开通, 是零电压开通。

功率管 Q2 开通后的后续的 5 个时间段的情形和本实施例上述在先的 5 个时间段一致, 须按照以下七个映射关系做对应, 包括: (1) 导通的功率管从 Q1 映射为 Q2, (2) 钳位 C 点电压的二极管从 D3 映射为 D4, (3) 点 C 的电压从 0 上升到 $V_{in}+V_d$ 映射为从 $V_{in}+V_d$ 下降到 $-V_d$, (4) 电流 i_{Lr} 从正向映射为反向, (5) 电流 i_{L2} 从负向上升到正向映射为电流 i_{L2} 从正向下降到负向, (6) 点 A 的电压从 V_{in} 下降到 $-V_d$ 映射为从 $-V_d$ 上升到 V_{in} , (7) 时间段 t_0-t_1 、 t_1-t_2 、 t_2-t_3 、 t_3-t_4 、 t_4-t_5 按顺序对应映射为时间段 t_5-t_6 、 t_6-t_7 、 t_7-t_8 、 t_8-t_9 、 t_9-t_{10} 。

如图 6 所示, 时刻 t_{10} 为下一个工作周期的开始, 功率管 Q2 此刻开通, 是零电压开通。时刻 t_{10} 相当于当前周期的 t_0 。

从上述介绍, 可以得出如下结论: 功率管 Q1、功率管 Q2、整流桥 QL 内的二极管在工作过程中都为零电流关断, 而且功率管 Q1、功率管 Q2 是零电压开通, 所以效率比现有技术有所提高, 适合通过工作频率的高频化来减小谐振电感 L_r 、辅助电感 L_2 的体积, 来实现变换器的小型化; 同时, 本实施例提高了大电流传递所占的时间比例, 从而提高了向负载传递电流的平均值, 可以输出比现有技术更大的功率。

(三) 本发明实施例之三的第三种谐振型软开关隔离变换器:

①基本电路, 结构如图 7 所示, 包括: 第一功率管 Q1 和第一二极管 D1, 第一功率管 Q1 的集电极、发射极分别连接到第一二极管 D1 的阴极、阳极; 第二功率管 Q2 和第二二极管 D2, 第二功率管 Q2 的集电极、发射极分别连接到第二二极管 D2 的阴极、阳极; 所述第一二极管 D1 的阴极、第二二极管 D2 的阳极分别连接输入电源 V_{in} 的正、负端, 第一二极管 D1 的阳极、第二二极管 D2 阴极并接后连接到隔离变压器 T 初级 NP 的一端; 所述隔离变压器 T 初级 NP 的另一端串联谐振电感 L_r 后连接到谐振电容 C_r 的一端, 所述谐振电容 C_r 的另一端连接到输入电源的负端上; 隔离变压器 T 次级 NS 两端分别连接到整流

桥 QL 的两个交流端 (\sim); 所述整流桥 QL 的正 (+)、负 (-) 端对应并联有输出滤波电容 Cf, 输出电压 V_o 取自输出滤波电容 Cf 两端; 其特征在于:

还包括第三二极管 D3、第四二极管 D4, 所述第三二极管 D3 的阴极、第四二极管 D4 的阳极分别连接输入电源的正、负端, 第三二极管 D3 阳极、第四二极管 D4 的阴极并接后, 与谐振电容 C_r 、谐振电感 L_r 的连接点相连。

在图 7 中, 电容 C3 是第一功率管 Q1 的集电极、发射极之间的输出电容与外并电容之和, 电容 C4 是第二功率管 Q2 的集电极、发射极之间的输出电容与外并电容之和, 电阻 RL 表示负载。

②工作原理, 本实施例与图 3 所示的第一种谐振型软开关变换器的工作过程的区别在于: 1) 谐振电感 L_r 的电流 i_{Lr} 通过隔离变压器 T 初级 NP 时, 初级 NP 两端的钳位电压为 $(V_o + 2 * V_d) * N_P / N_S$, 其中 V_o 为输出电压, 2 为整流桥内同时导通的二极管数量, V_d 是二极管正向导通电压, N_P 为隔离变压器 T 初级的匝数, N_S 为隔离变压器 T 次级的匝数; 2) 输出电流 i_o 是电流 $i_{Lr} * N_P / N_S$ 的绝对值, 中间多了一个系数 N_P / N_S 。

本实施例工作过程的其他方面与第一种谐振型软开关变换器完全一致。

本发明实施例之三的第三种谐振型软开关隔离变换器, 通过增加第三二极管 D3、第四二极管 D4, 在通过谐振电容 C_r 、谐振电感 L_r 向负载传递电流的过程中, 可以限制谐振电容 C_r 与谐振电感 L_r 连接点的电压不超过输入电源的正、负端, 从而阻止谐振电容 C_r 、谐振电感 L_r 向反方向继续谐振, 可以节省现有技术中反方向谐振即图 2 传递小电流的时间, 提高大电流传递所占的时间比例, 从而提高了向负载传递电流的平均值。

(四) 本发明实施例之四的第四种谐振型软开关隔离变换器改进型:

①基本电路, 结构如图 8 所示, 在第三种谐振型软开关隔离变换器的基础上, 还包括辅助电感 L2, 所述的辅助电感 L2 并联在第一功率管 Q1 的发射极、第三二极管 D3 的阳极之间, 或者并联隔离变压器 T 初级 NP 的两端之间。

图 8 中, 电容 C3 是第一功率管 Q1 的集电极、发射极之间的输出电容与外并电容之和, 电容 C4 是第二功率管 Q2 的集电极、发射极之间的输出电容与外并电容之和, 电阻 RL 表示负载。

②工作原理, 本实施例与图 5 所示第二种谐振型软开关变换器改进型的工作过程区别在于: 1) 谐振电感 L_r 的电流 i_{Lr} 通过隔离变压器 T 初级 NP 时, 初级 NP 两端的钳位电压为 $(V_o+2*V_d) * N_P/N_S$, 其中 V_o 为输出电压, 2 为整流桥内同时导通的二极管数量, V_d 是二极管正向导通电压, N_P 为隔离变压器 T 初级的匝数, N_S 为隔离变压器 T 次级的匝数; 2) 输出电流 i_o 是电流 $i_{Lr} * N_P/N_S$ 的绝对值, 中间多了一个系数 N_P/N_S 。

本实施例工作过程的其它方面与图 5 所示第二种谐振型软开关变换器改进型的工作过程完全一致。

本实施例通过增加辅助电感 L_2 , 在功率管导通时储存能量, 在两个功率管都关闭的时间内, 和功率管的输出电容产生谐振, 将即将导通的功率管输出电容的储能释放掉, 为其零电压开通创造条件, 实现功率管 Q1、Q2 的零电压开通, 进一步提高了变换器的效率, 而且降低了电压变化率, 实现了低电磁辐射。

特别指出的是, 本实施例中的第一到第四二极管 D1、D2、D3、D4, 都为快恢复或超快恢复二极管, 高频工作时损耗较低。

上述实施例中的功率管可以是功率场效应晶体管 MOSFET, 也可以是绝缘栅双极晶体管 IGBT, 也可以是双极晶体管 BJT。使用 MOSFET 时, 由于其工艺中寄生有并联二极管, 所以可以省略二极管 D1 和 D2。

权 利 要 求

1、一种谐振型软开关变换器，包括第一功率管(Q1)和第一二极管(D1)，第一功率管(Q1)的集电极、发射极分别连接到第一二极管(D1)的阴极、阳极；第二功率管(Q2)和第二二极管(D2)，第二功率管(Q2)的集电极、发射极分别连接到第二二极管(D2)的阴极、阳极；所述第一二极管(D1)的阴极、第二二极管(D2)的阳极分别连接输入电源 V_{in} 的正、负端，第一二极管(D1)的阳极、第二二极管(D2)阴极并接后连接到整流桥(QL)一个交流端，整流桥(QL)另一个交流端串联谐振电感(Lr)后连接到谐振电容(Cr)的一端；所述谐振电容(Cr)的另一端连接到输入电源的负端上；所述整流桥(QL)的正、负端对应并联有输出滤波电容(Cf)，输出电压(V_o)取自输出滤波电容(Cf)两端；其特征在于，还包括第三二极管(D3)、第四二极管(D4)，所述第三二极管(D3)的阴极、第四二极管(D4)的阳极分别连接输入电源的正、负端，第三二极管(D3)阳极、第四二极管(D4)的阴极并接后，与谐振电容(Cr)、谐振电感(Lr)之间的连接点相连。

2、根据权利要求1所述谐振型软开关变换器，其特征在于，还包括辅助电感(L2)，所述辅助电感(L2)并联在第一二极管(D1)的阳极、第三二极管(D3)的阳极之间。

3、根据权利要求1所述谐振型软开关变换器，其特征在于，还包括辅助电感(L2)，所述的辅助电感(L2)并联在整流桥(QL)的两个交流端之间。

4、根据权利要求1、2或3所述谐振型软开关变换器，其特征在于，所述的第一二极管(D1)、第二二极管(D2)、第三二极管(D3)、第四二极管(D4)都为快恢复或超快恢复二极管。

5、根据权利要求1、2或3所述谐振型软开关变换器，其特征在于，所述的第一功率管(Q1)、第二功率管(Q2)可以是功率场效应晶体管或绝缘栅双极晶体管。

6、一种谐振型软开关隔离变换器，包括第一功率管(Q1)和第一二极管(D1)，第一功率管(Q1)的集电极、发射极分别连接到第一二极管(D1)的

阴极、阳极；第二功率管 (Q2) 和第二二极管 (D2)，第二功率管 (Q2) 的集电极、发射极分别连接到第二二极管 (D2) 的阴极、阳极；所述第一二极管 (D1) 的阴极、第二二极管 (D2) 的阳极分别连接输入电源 V_{in} 的正、负端，第一二极管 (D1) 的阳极、第二二极管 (D2) 阴极并接后连接到隔离变压器 (T) 初级 NP 的一端，所述隔离变压器 (T) 初级 NP 的另一端串联谐振电感 (L_r) 后连接到谐振电容 (C_r) 的一端；所述谐振电容 (C_r) 的另一端连接到输入电源的负端上；所述隔离变压器 (T) 次级 NS 两端分别连接到整流桥 (QL) 两个交流端；所述整流桥 (QL) 的正、负端对应并联有输出滤波电容 (C_f)，输出电压 V_o 取自输出滤波电容 (C_f) 两端；其特征在于，还包括第三二极管 (D3)、第四二极管 (D4)，所述第三二极管 (D3) 的阴极、第四二极管 (D4) 的阳极分别连接输入电源的正、负端，第三二极管 (D3) 阳极、第四二极管 (D4) 的阴极并接后，与谐振电容 (C_r)、谐振电感 (L_r) 之间的连接点相连。

7、根据权利要求 6 所述谐振型软开关变换器，其特征在于，还包括辅助电感 (L_2)，所述的辅助电感 (L_2) 并联在第一二极管 (D1) 的阳极、第三二极管 (D3) 的阳极之间。

8、根据权利要求 6 所述谐振型软开关变换器，其特征在于，还包括辅助电感 (L_2)，所述的辅助电感 (L_2) 并联在隔离变压器 (T) 初级 NP 两端之间。

9、根据权利要求 6、7 或 8 所述谐振型软开关变换器，其特征在于，所述的第一二极管 (D1)、第二二极管 (D2)、第三二极管 (D3)、第四二极管 (D4) 都为快恢复或超快恢复二极管。

10、根据权利要求 6、7 或 8 所述谐振型软开关变换器，其特征在于，所述的第一功率管 (Q1)、第二功率管 (Q2) 可以是功率场效应晶体管或绝缘栅双极晶体管。

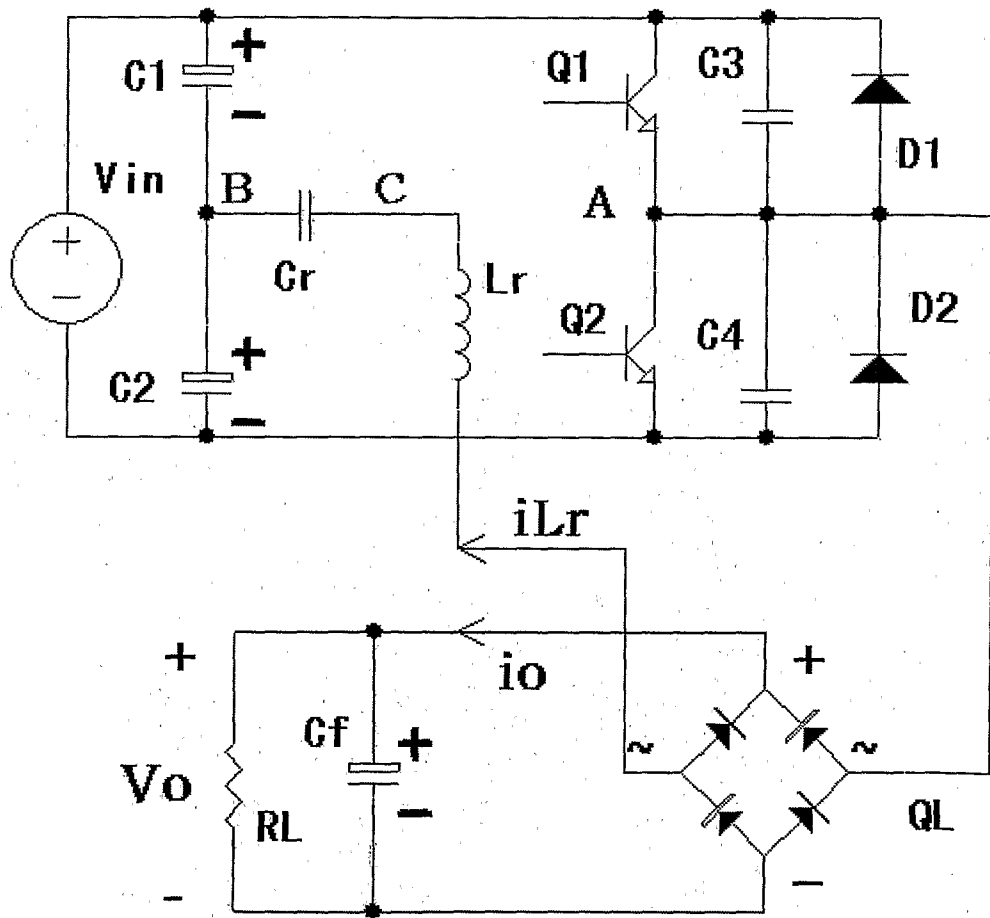


图 1

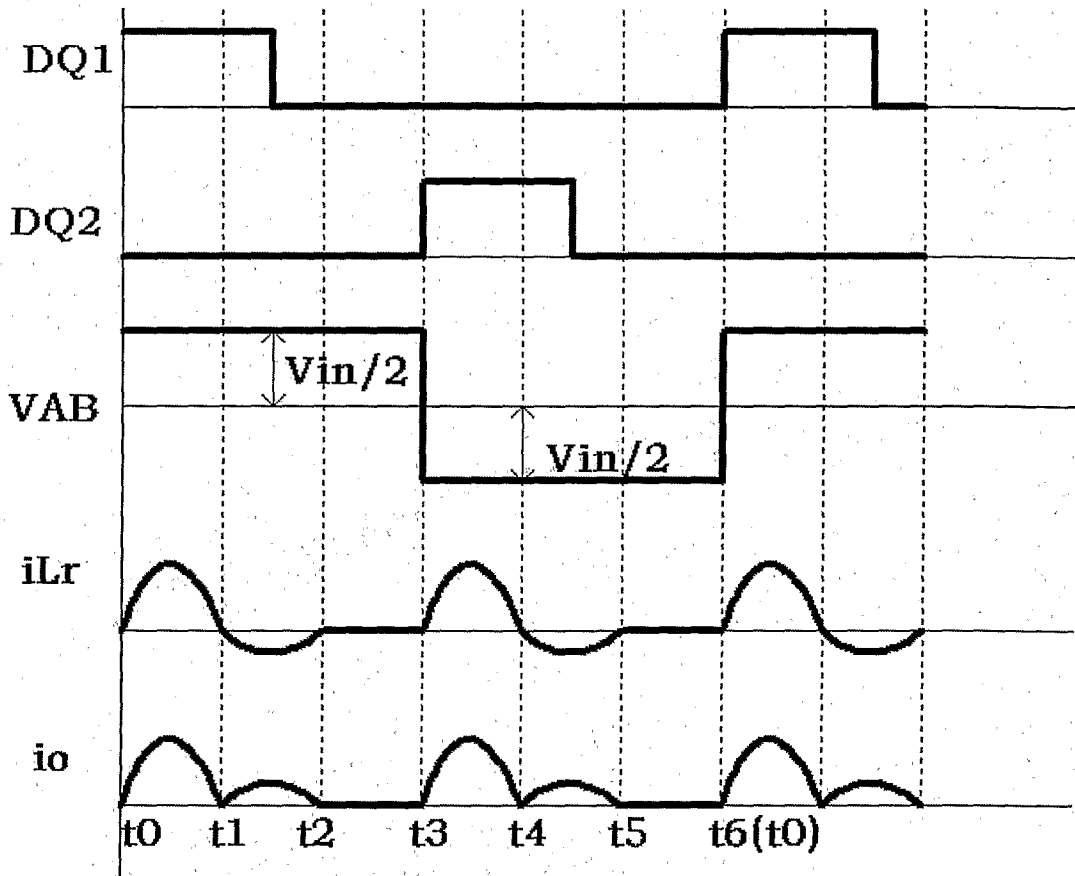


图 2

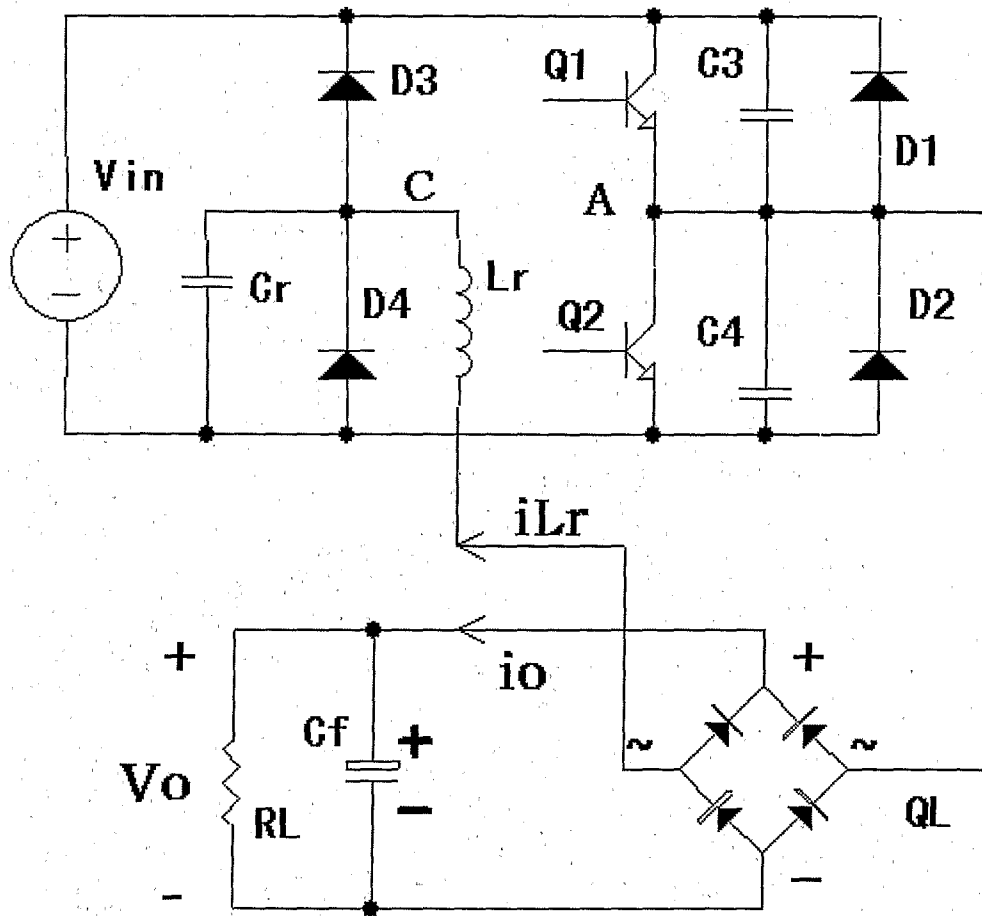


图 3

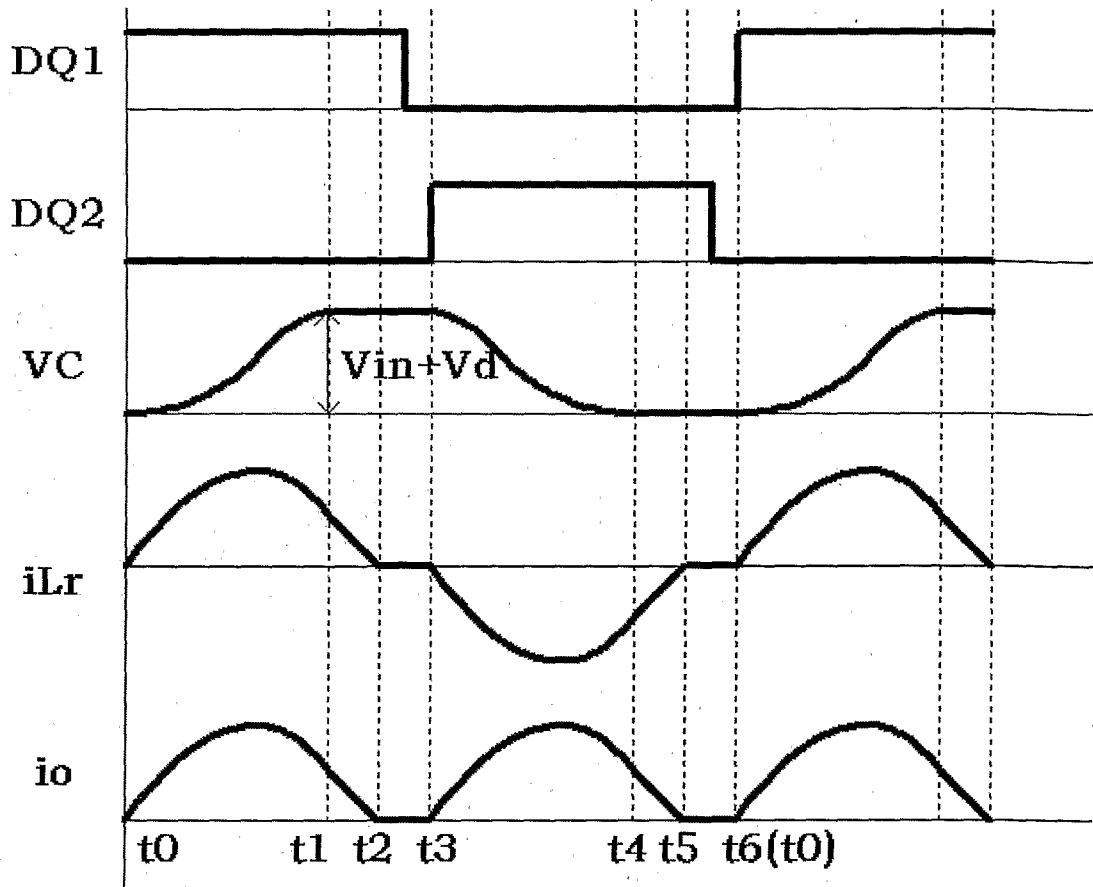


图 4

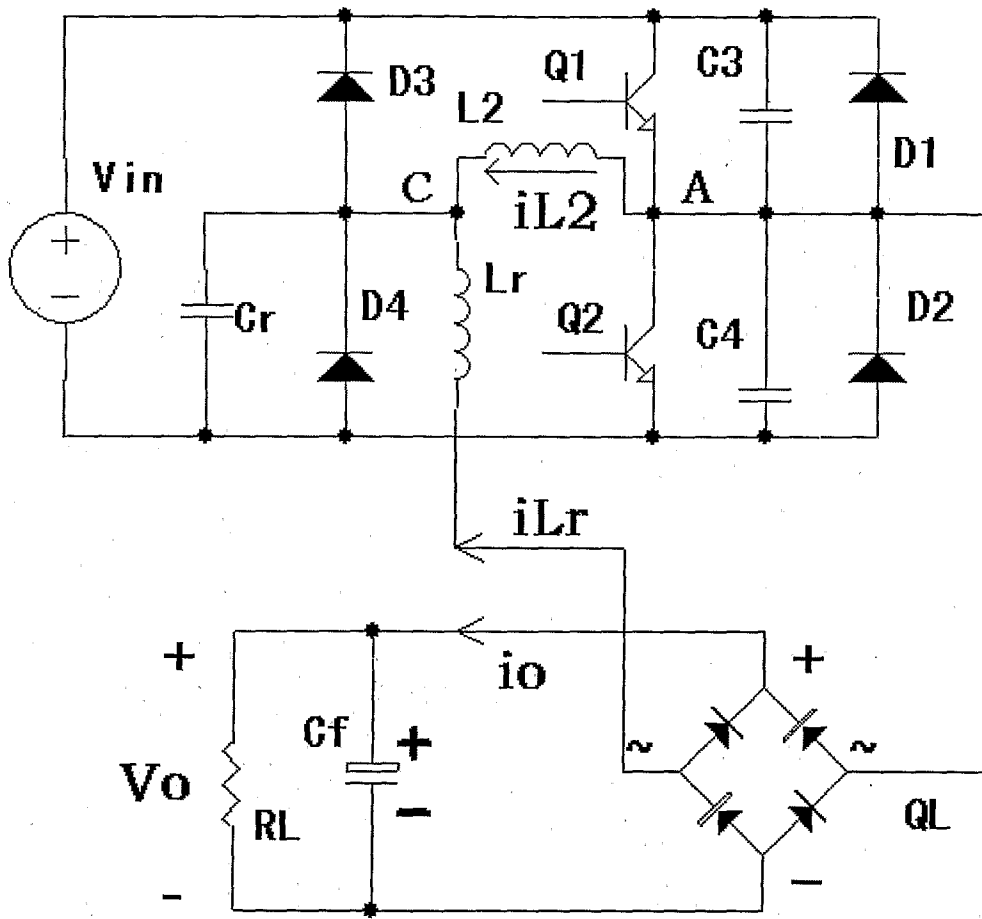


图 5

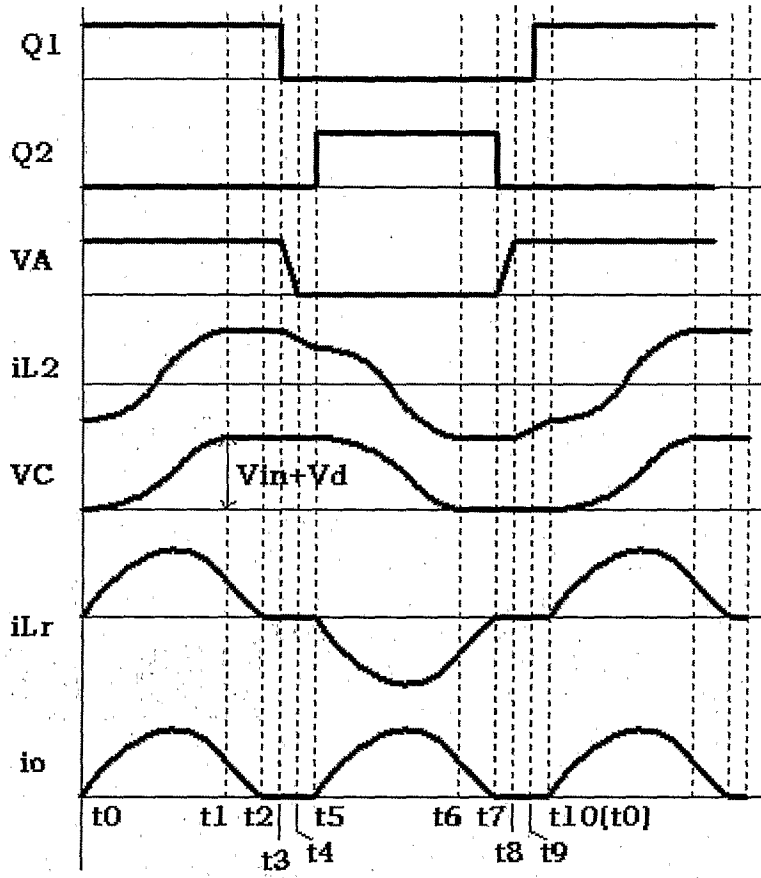


图 6

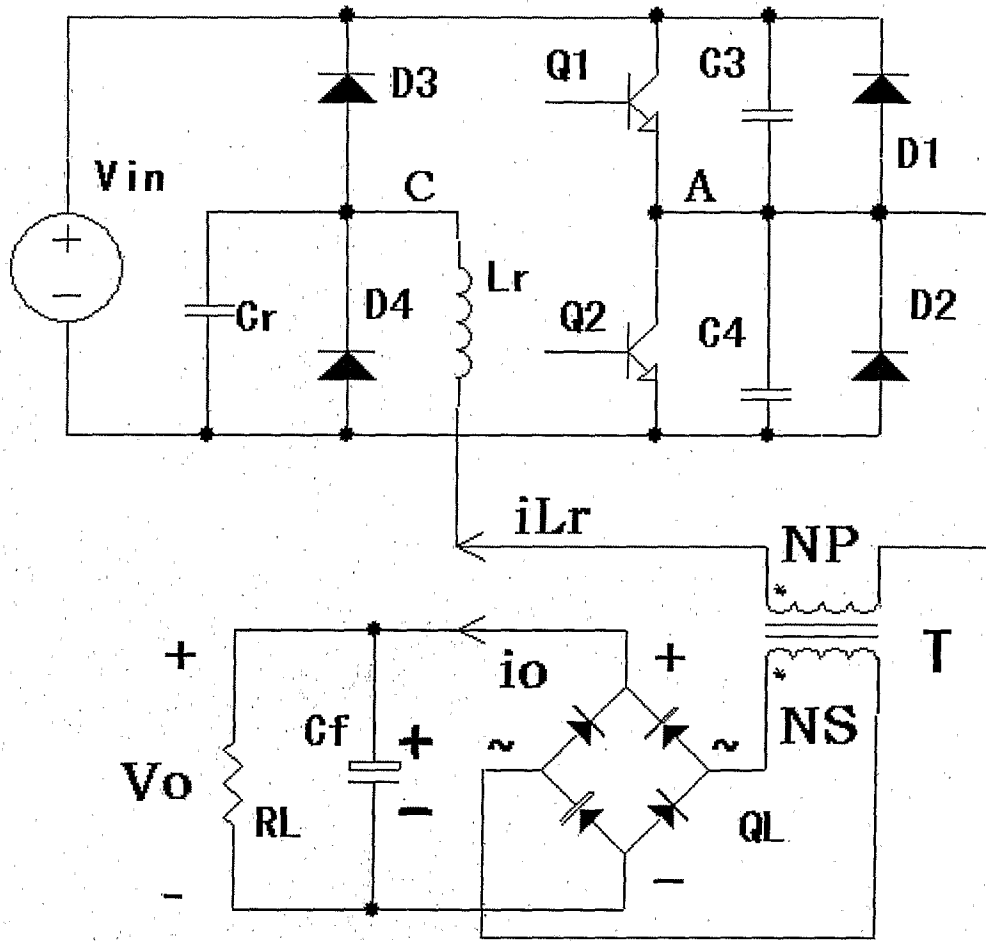


图 7

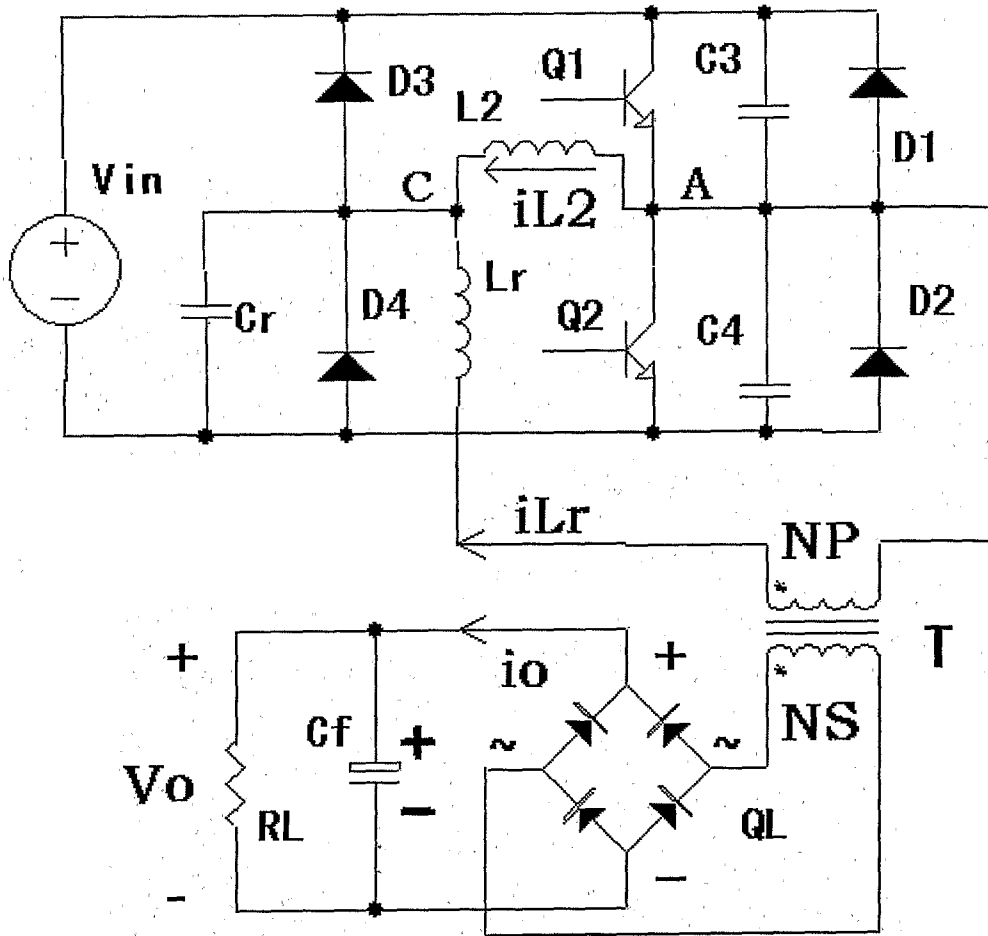


图 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2006/003302

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <p style="text-align: center;">H02M3/335 (2006.01)i</p> <p>According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC</p>		
B. FIELDS SEARCHED <p>Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)</p> <p style="text-align: center;">IPC⁸ H02M3, H02M5, H02M7</p> <p>Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched</p> <p>Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)</p> <p>CNPAT, CNKI, WPI, EPODOC, PAJ resonant soft switch+ capacitor inductor zero w current zero w voltage</p>		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US-A-5448467 (FERREIRA J A) 05 Sep.1995 (05.09.1995) see the description and its figures	1-10
A	US-A-4855888 (UNISYS CORP) 08 Aug.1989 (08.08.1989) see the whole document	1-10
A	US-A-4860184 (VIRGINIA TEC INTELL) 22 Aug.1989 (22.08.1989) see the whole document	1-10
A	JP-A-10052061 (MURATA MFG CO LTD) 20 Feb.1998 (20.02.1998) see the whole document	1-10
PX	CN-A-1794548 (SHENZHEN CLOU POWER TECHNOLOGY CO., LTD) 28 June 2006 (28.06.2006) see the whole document	1-10
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents:	“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention	
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone	
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art	
“L” document which may throw doubts on priority claim (S) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	“&” document member of the same patent family \	
“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means		
“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
Date of the actual completion of the international search 24 Jan.2007 (24.01.2007)	Date of mailing of the international search report 22 · MAR 2007 (22 · 03 · 2007)	
Name and mailing address of the ISA/CN The State Intellectual Property Office, the P.R.China 6 Xitucheng Rd., Jimen Bridge, Haidian District, Beijing, China 100088 Facsimile No. 86-10-62019451	Authorized officer ZHANG Haichun Telephone No. 86-10-62084884	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2006/003302

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
US 5448467 A	05-09-1995	ZA 9302985 A	15-11-1993
US 4855888 A	08-08-1989	NONE	
US 4860184 A	22-08-1989	US 4841220 A US 4857822 A	20-06-1989 15-08-1989
JP 10052061 A	20-02-1998	JP 3271525 B2	02-04-2002
CN 1794548 A	28-06-2006	NONE	

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2006/003302

A. 主题的分类

H02M3/335 (2006.01)i

按照国际专利分类表(IPC)或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

IPC⁸ H02M3, H02M5, H02M7

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNPAT, CNKI, WPI, EPODOC, PAJ 谐振 软开关 软切换 电容 电感 零电压 零电流

C. 相关文件

类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
X	US-A-5448467 (FERREIRA J A) 05.9月 1995 (05.09.1995) 见说明书及其附图	1-10
A	US-A-4855888 (UNISYS CORP) 08.8月 1989 (08.08.1989) 见全文	1-10
A	US-A-4860184 (VIRGINIA TEC INTELL) 22.8月 1989 (22.08.1989) 见全文	1-10
A	JP-A-10052061 (MURATA MFG CO LTD) 20.2月 1998 (20.02.1998) 见全文	1-10
PX	CN-A-1794548 (深圳市科陆电源技术有限公司) 28.6月 2006 (28.06.2006) 见全文	1-10

其余文件在 C 栏的续页中列出。

见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

24.1月 2007 (24.01.2007)

国际检索报告邮寄日期

22日3月2007 (22.03.2007)

中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN)

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号100088

传真号: (86-10)62019451

受权官员



电话号码: (86-10)62084884

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2006/003302

检索报告中引用的 专利文件	公布日期	同族专利	公布日期
US 5448467 A	05-09-1995	ZA 9302985 A	15-11-1993
US 4855888 A	08-08-1989	无	
US 4860184 A	22-08-1989	US 4841220 A US 4857822 A	20-06-1989 15-08-1989
JP 10052061 A	20-02-1998	JP 3271525 B2	02-04-2002
CN 1794548 A	28-06-2006	无	