

一种简单有效的限流保护电路的设计

文章作者：陈世杰 顾亦磊 吕征宇

文章加入时间：2004年9月2日 9:22:35

摘要：提出了一种简单有效的限流保护电路，论述了该保护电路应用于宽范围输入正激变换器和宽范围输入反激变换器时工作状况的区别，并给出了一个适用于宽范围输入反激变换器的补偿电路。最后的实验结果验证了限流保护电路及补偿电路的工作原理及其有效性。

关键词：过流保护；正激；反激

引言

过流保护电路是电源产品中不可缺少的一个组成部分，根据其控制方法大致可以分为关断方式和限流方式。限流方式由于其具有电流下垂特性，故障解除后开关电源能自动恢复工作，因此，得到比较广泛的应用。

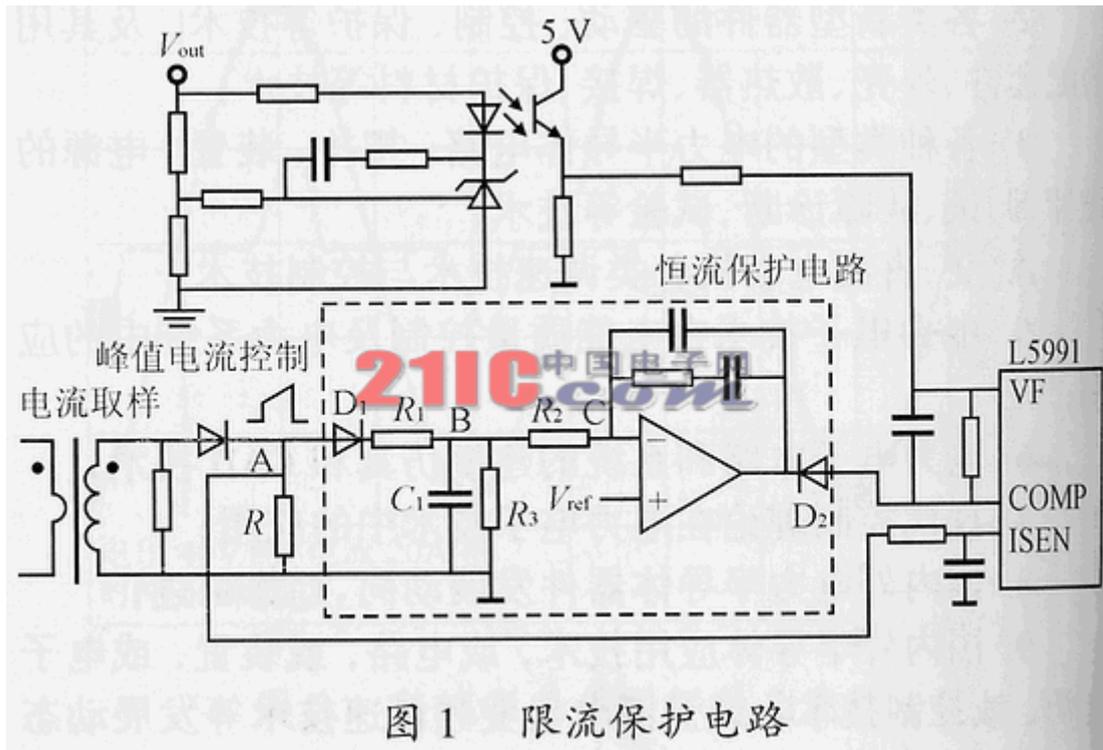


图 1 限流保护电路

限流保护电路首先要有一个电流取样环节，目前，一般的做法是串联一个小电阻或者是用霍尔元件来获得电流信号。当取样电流比较小的时候，这两种取样方法都是可取的。但当取样电流比较大时，电阻取样会有较大的损耗，降低了变换器的效率，而霍尔元件取样其体积比较大，且价格昂贵，对整个电源的成本也是个问题。

基于以上考虑，本文提出一种简单有效的限流保护电路，克服了以上两种方式取样大电流时的缺点。它适用于正激、反激等各种变换器，而且成本也比较低。

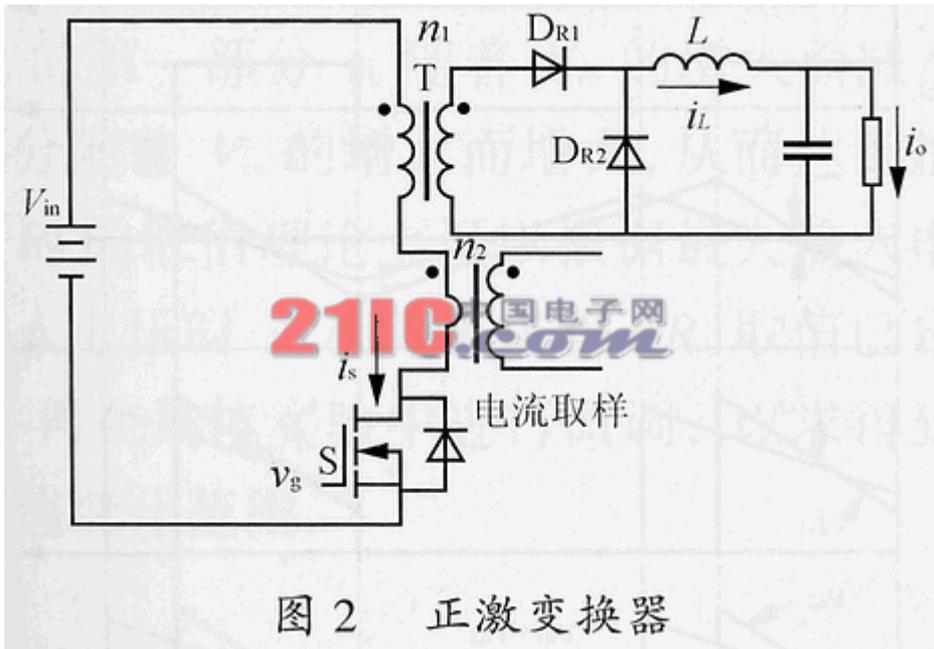


图 2 正激变换器

1 限流保护电路工作原理

图 1 中虚线框外的电路是普通的峰值电流方式的 PWM 控制电路，利用电流互感器取样峰值电流。图中所示的 PWM 芯片是 ST 公司生产的 L5991[1]。虚线框内是本文所提出的限流保护电路。它利用峰值电流控制中的电流信号作为输入信号，通过一个由 D1, R1, C1 组成的峰值保持电路和由运放组成的 PI 环节得到一个误差信号，在变换器的输出电流超过限定值的时候，该误差信号就会控制 PWM 芯片的占空比，从而使输出电流保持在限定值。由于 D2 存在，当输出电流低于限流值时，该部分电路对占空比的控制不起作用。

下面以正激变换器为例，阐述限流保护电路的工作原理。

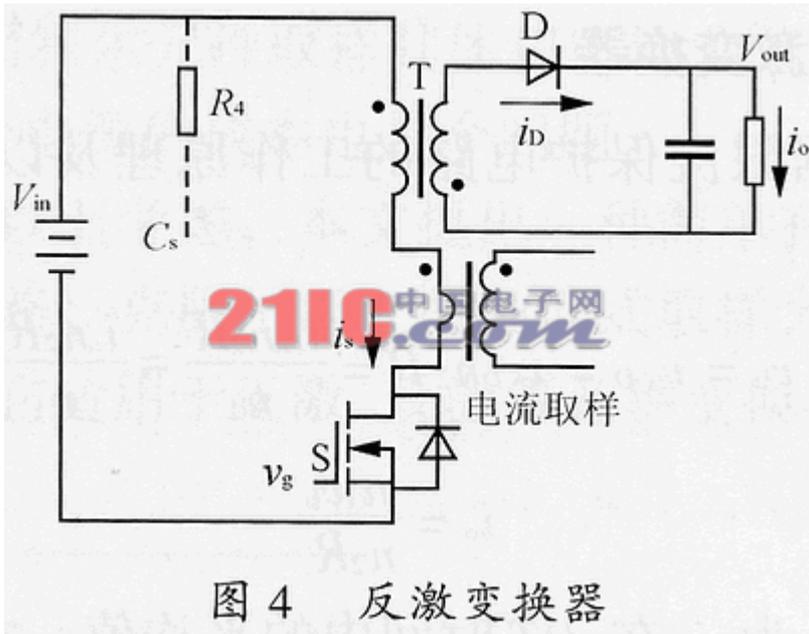


图 4 反激变换器

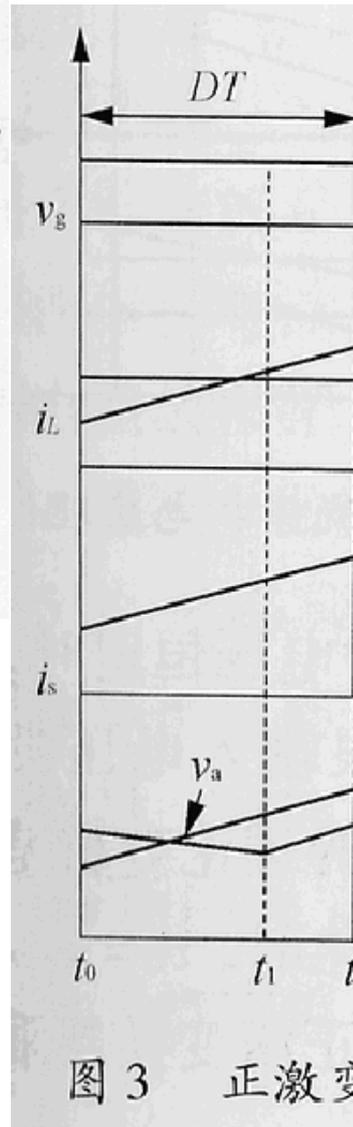


图 3 正激变

正激变换器如图 2 所示。设图 1 中 A 点电压为 v_a ，B 点电压为 v_b ，C 点电压为 v_c ，图 2 中流过开关管的电流为 i_s ，电感电流为 i_L ，输出电流为 i_o 。电流取样变压器原边电流，即流过开关管的电流 i_s 。并作以下假定：

- 1) 二极管 D1 的导通压降是 V_{D1} 并保持不变；
- 2) R_1 在实际电路中的作用是与 C_1 组成 RC 吸收网络吸收尖峰，这里假定为零；
- 3) 正激变换器电感 L 电感量较大，电路工作在 CCM 模式且电感电流波动较小。

则正激变换器限流保护电路的理论工作波形如图 3 所示。其一个开关周期可以分为 3 个工作阶段。

阶段 1 ($t_0 - t_1$) t_0 时刻 $v_g > 0$ ，开关管 S 及二极管 DR1 导通， i_L 线性上升，所以，原边电流 i_s 也线性上升， v_a 也随之上升，此时间段 $v_a - v_b < V_{D1}$ ，二极管 D1 处于关断状态， v_b 通过 R_3 放电，呈下降趋势。

阶段 2 ($t_1 - t_2$) t_1 时刻 $v_a - v_b > V_{D1}$, 二极管 D1 开始导通, v_b 随着 v_a 线性上升。
阶段 3 ($t_2 - t_3$) t_2 时刻 $v_g = 0$, S 关断, $i_s = 0$, 则 $v_a = 0$, 二极管 D1 关断, v_b 通过 R3 放电, 直到下一周期的到来。

从图 3 中可以看到 v_b 是一个波动的电压, 但是在实际电路中, 由于图 1 中时间常数 R_3C_1 取得比较大, v_b 的波动很小, 可以近似为一个直流电压。

根据假定 3), 电感电流的波动较小, 即 v_a 的斜率比较小, 另外 V_{D1} 较小(是因为流过二极管的电流很小, 实验中采用 1N5819 实测值为 200mV 左右), 则 v_b 的值近似地等于 $v_a D$ (v_a 在 DT 时间内的平均值)。从图 3 中可以看到 $v_a D$ 与输出电流 i_o 成正比, 也即 v_b 近似与输出电流 i_o 成正比, 假定 $v_b = K i_o$, K 为常数。

我们知道, 当限流保护电路工作并达到稳定状态时, $v_b = v_c = v_{ref} = K i_o$, 此时输出电流 i_o 即为限流保护值。因此, 通过改变参考电压 V_{ref} 即可改变限流保护值。

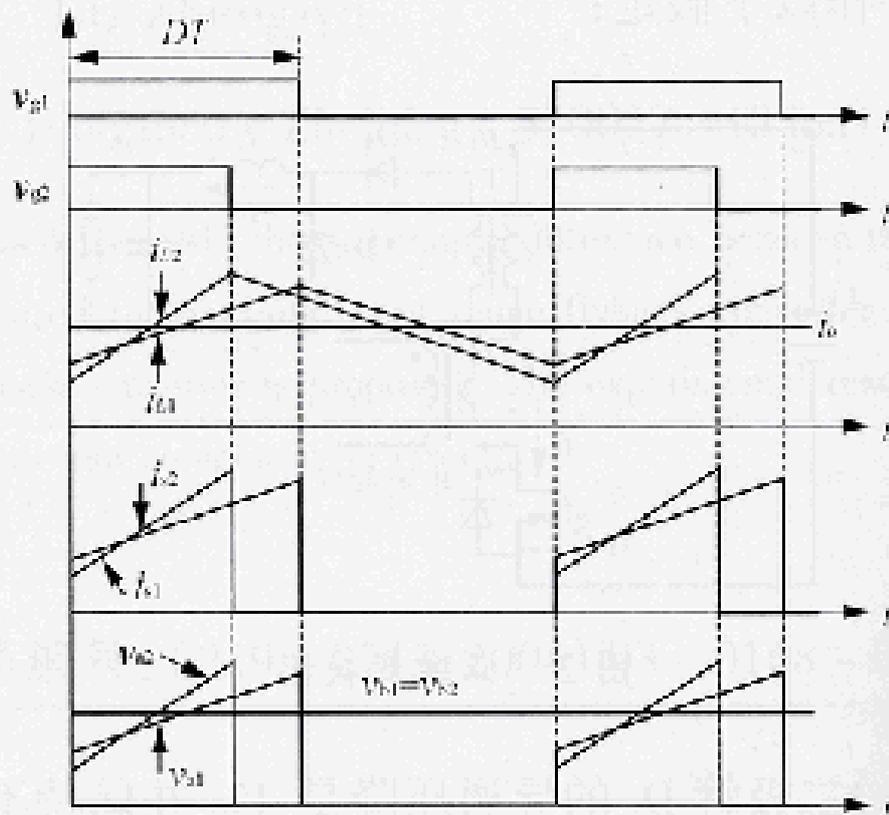


图 5 不同输入电压正激变换器限流保护电路理论波形

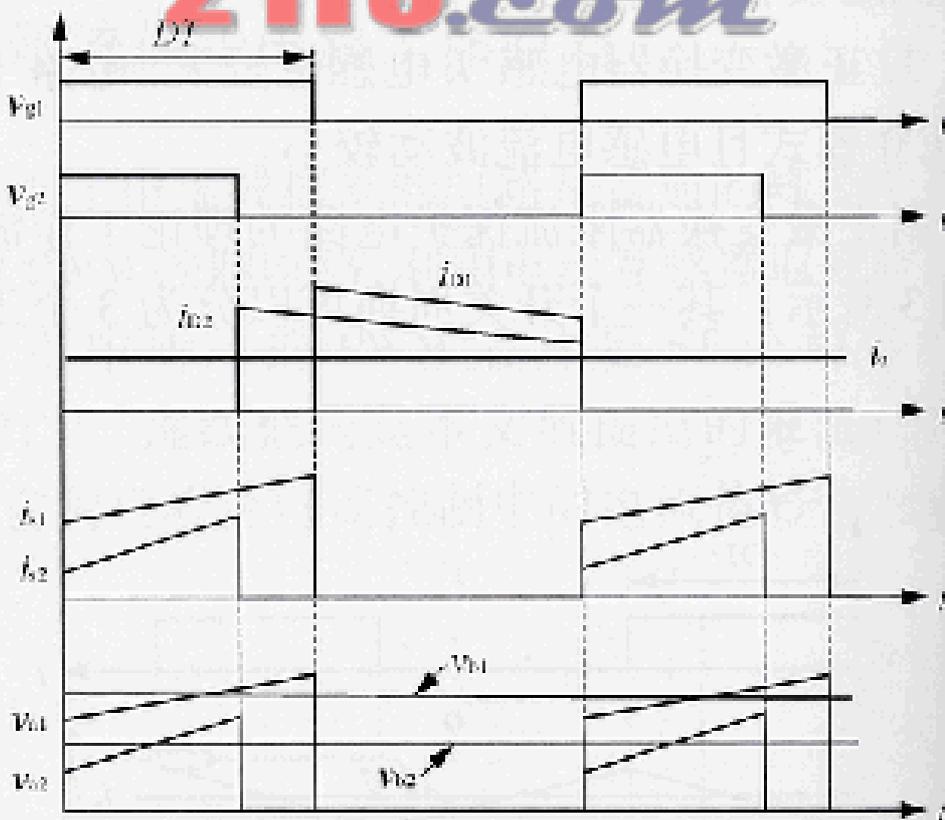


图 6 不同输入电压反激变换器限流保护电路理论波形

2 限流保护点补偿电路

在输出电压一定, 输入电压为定值时, 不同输入电压时流经输入电压的电流不同, 因而不同输入

