

基于双 SG3525 的半桥同步整流电路

郑 峰, 杨 旭, 王兆安

(西安交通大学, 陕西 西安 710049)

摘要:分析了常见同步整流管驱动电路的不足;介绍了一种基于双 SG3525 的半桥同步整流电路。用实验验证了该控制方法,并详细分析了同步整流管的损耗。

关键词:整流电路;驱动电路;模块

中图分类号: TM46 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000 - 100X(2003)06 - 0080 - 03

Half Bridge Converter with Synchronous Rectifier Driven by Double SG3525

ZHENG Feng, YANG Xu, WANG Zhao-an

(Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China)

Abstract: A novel synchronous rectifier driven by double SG3525 in a half bridge converter is presented. The proposed method appears to have a good performance/cost and it is easily realized. The experiment results are given. The losses on the synchronous MOSFET are analyzed in detail.

Key words: rectifier drive circuit; converter; module

1 前言

为了提高开关电源模块的效率,使其达到更高的功率密度,尤其是在低电压、大电流输出的电源模块中,同步整流电路几乎是必然的选择^[1,2]。目前,常用的同步整流管的驱动电路主要有自驱动、电流检测驱动、电荷保持驱动及专用驱动芯片驱动等,但这些驱动形式都存在相应的缺陷。下面在分析上述缺陷的基础上,针对半桥电路,提出了一种采用两片 SG3525(一片产生主电路的控制信号,另一片产生同步整流管的驱动信号)的控制电路。采用这种控制方式具有成本低廉、易于实现等优点。通过实验验证了采用该控制方法得到的良好效果。

2 常用同步整流管驱动电路及存在的问题

2.1 自驱动电路

图 1 示出自驱动电路的典型结构。该电路具有拓扑结构简单,控制效果较好,采用的元器件较少等优点,但也存在以下缺点:

仅限于次级工作在两个电平的状态,即次级只能工作在正极性或者负极性。对于存在死区的驱动电路,这种驱动不合适。

仅适于次级工作电压不高不低的情况,工作电压太高或太低都会影响 MOSFET 的正常工作。

同步整流管的保护较少,一旦电路出现故障,将会产生连锁反映。

采用该驱动电路的电源模块存在并联问题。受专利保护,商业应用成本较高。

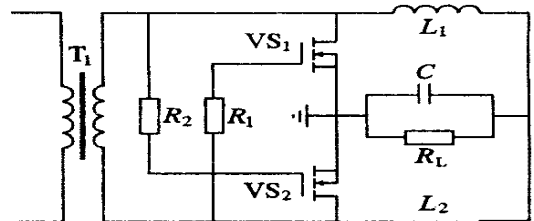


图 1 自驱动电路

2.2 电流检测驱动

图 2 示出电流检测驱动电路。该驱动方式的主要优点是适用范围广,可克服死区时的驱动问题。但需引入一个电流互感器,同时,采用电流检测还存在同步整流管开关损耗过大等问题。

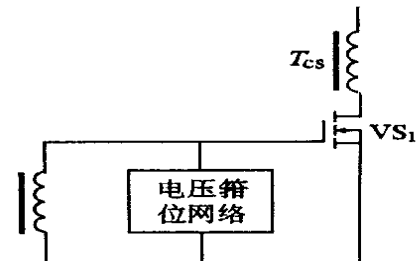


图 2 电流检测驱动电路

2.3 电荷保持驱动电路

图 3 示出电荷保持驱动电路。它是在自驱动电路基础上改进而成的。在继承自驱动电路优点的同时,解决了死区驱动电平的问题,但该驱动电路的主

基金项目:获国家自然科学基金重点项目资助,项目批准号 50237030。

定稿日期:2003 - 07 - 08

作者简介:郑 峰(1971 -),男,陕西西安人,硕士研究生,研究方向为 DC/DC 变换器及其磁路集成技术。

要缺点是在移去电荷的时候可能存在变压器的次级短路。

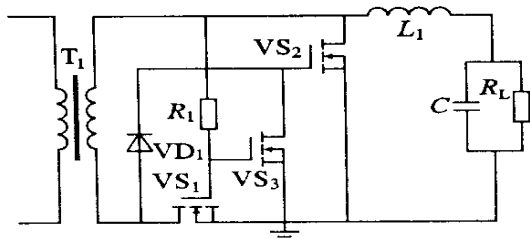


图3 电荷保持电路

2.4 采用专用驱动芯片

采用专用驱动电路可很好地解决上述各种电路存在的缺点,但目前的主要问题是价格贵,电路复杂,同时系统在调整过程中,驱动芯片会存在较长时间的跟踪过程,将使同步整流管的控制策略恶化,从而造成很大损耗。

3 SG3525 的原理框图

SG3525 是美国硅通用公司的产品。图 4 示出其电路原理方框图。它由输出 5.1 V、温度系数 $\pm 1\%$ 的基准稳压电源、误差放大器、振荡频率在 100Hz ~ 400kHz 范围内(其值由外接电阻 R_T , 电容 C_T 决定)的锯齿波振荡器、翻转触发器及保护电路组成。

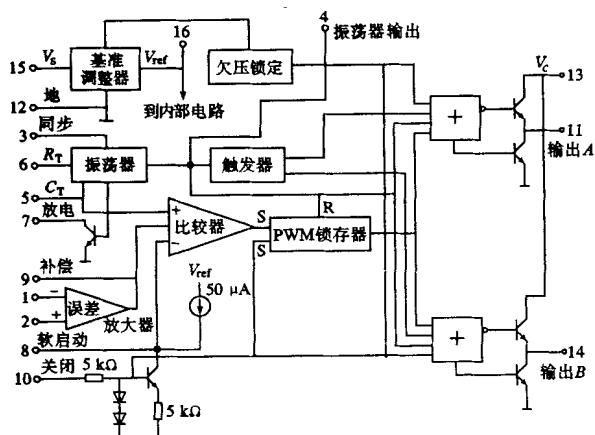


图4 SG3525 的原理框图

4 同步整流管的损耗分析

通常,同步整流管工作过程中的损耗由通态损耗 P_{on} 、开关损耗 P_{sw} 、驱动损耗 P_{gd} 、MOSFET 输出电容损耗 P_{oss} 和体内二极管反向恢复损耗 P_{qrr} [3,4,5] 5 部分组成。

当主电路的拓扑结构和参数确定后,通态损耗、驱动损耗、输出电容损耗和体内二极管反向恢复损耗都成了定值。因此,要想降低同步整流管的损耗,

必须从降低开关损耗入手。

对于采用对称驱动的半桥电路(同步整流管采用自驱动方式),在死区都可看到图 5 所示的波形。产生这种波形的原因在于同步整流管的体内二极管因续流而导通,产生了很高的导通压降,并且造成了很大的损耗。为了减小该损耗,通常采用的方法是电荷保持驱动、电流检测驱动或专用芯片驱动,但如前所述,它们也都存在着种种缺点。这里将采用一种简单有效的方法来减小这种损耗。

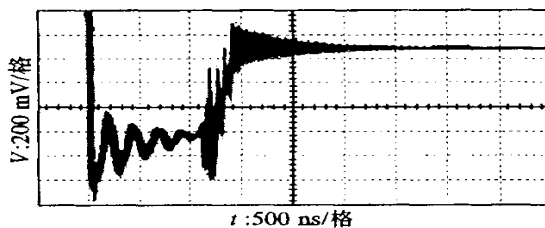


图5 体内二极管导通时的波形

5 系统框图

图 6 示出文中介绍方法的系统框图。图中主电路侧 SG3525 用于产生主电路的 PWM 控制信号,整流侧 SG3525 产生一个与主电路侧同步,但脉冲宽度宽于主电路侧的控制信号,用于驱动同步整流管。图 7 示出两者的产生信号。

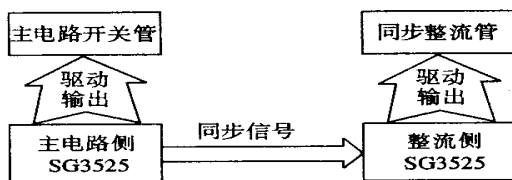


图6 控制系统框图

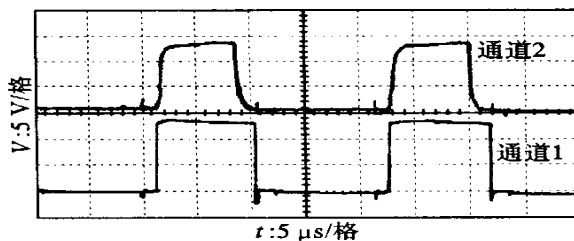


图7 开关管(通道 2)与同步整流管(通道 1)的驱动波形

由图 7 可见,当主电路侧的 PWM 控制信号为低电平,整流侧的同步整流管继续导通,从而与另一只同步整流管的体内二极管共同为输出电感提供续流通路,使该同步整流管减少了一次体内二极管导通的机会,从损耗的角度分析,将减少一次开关损耗和体内二极管反向恢复损耗。

6 实验结果和分析

实验采用同步整流管的型号为: IRL 2203(导通电阻为 7 m Ω , 栅极输入电荷为 60 nC, 输出电容为 1 270 pF, 体内二极管的反向恢复电荷为 170 nC)。

采用的半桥电路, 变压器二次侧为全波整流电路, 输出电压 3.3 V, 电流 30 A, 工作频率 50 kHz, 占空比为 0.95。同步整流管散热器的热阻为 20 /W。

图 8 示出同步整流管上漏极和源极之间所承受的电压, 可明显看出, 同步整流管的体内二极管在整个工作周期中只导通了一次。

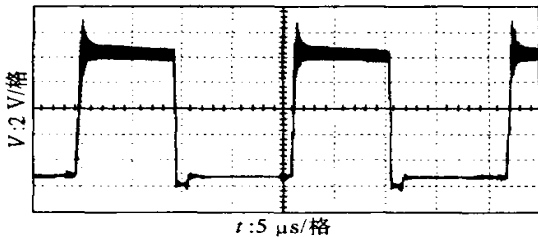


图 8 同步整流管漏、源极间的电压
同步整流管的分析数据和实测数据如下:

流过每只同步整流管的电流有效值:

$$I_{\text{rms}} = \sqrt{\int_0^{0.45} 30^2 dt} = 20.12 (\text{A}) \quad (1)$$

导通损耗:

$$P_{\text{on}} = I_{\text{rms}}^2 R_{\text{dson}} = 2.835 (\text{W}) \quad (2)$$

开关损耗^[2]:

$$P_{\text{sw}} = V_d I_0 \frac{Q_{\text{gd}} + Q_{\text{gs2}}}{I_g} f_s = 0.24 (\text{W}) \quad (3)$$

式中 V_d —— 体内二极管前向导通电压

Q_{gd} —— 米勒电荷

Q_{gs2} —— 过阈值后栅源电荷

I_g —— 栅极驱动电流

驱动损耗^[3]:

$$P_{\text{gd}} = Q_g V_g f_s = 0.045 (\text{W}) \quad (4)$$

式中 Q_g —— 栅极输入电荷

V_g —— 栅极驱动电压

输出电容损耗^[3]:

$$P_{\text{qoss}} = \frac{1}{2} V_{\text{off}} Q_{\text{oss}} f_s = 0.0127 (\text{W}) \quad (5)$$

式中 V_{off} —— 同步整流管关断电压

Q_{oss} —— 同步整流管输出电荷

体内二极管反向恢复损耗:

$$P_{\text{qrr}} = Q_{\text{rr}} V_r f_s = 0.17 (\text{W}) \quad (6)$$

式中 Q_{rr} —— 体内二极管反向恢复电荷

V_r —— 体内二极管反向恢复电压

体内二极管续流损耗:

$$P_{\text{diode}} = V_d \frac{I_0 (1-D)}{2} = 0.45 (\text{W}) \quad (7)$$

总的损耗:

$$P_{\text{loss}} = 3.7527 (\text{W}) \quad (8)$$

总的温升:

$$P_{\text{loss}} R = 75.054 (\text{ }) \quad (9)$$

式中 R —— 同步整流管管壳热阻

实测温升为 68 , 与理论值略有偏差。

7 结 论

分析了多种现有同步整流电路存在的缺点和不足, 提出采用 PWM 控制集成电路 SG3525 构成同步整流的控制电路; 还分析了同步整流电路的损耗机理, 并用理论分析和实验证实, 采用新的同步整流控制电路能够降低电路的损耗。其结论为:

同步整流管工作时存在多种损耗, 分析了产生这些损耗的原因, 采用有针对性的控制策略是提高效率的关键。

对于半桥电路, 同步整流管在死区时的控制策略对减少同步整流管的损耗, 起着非常重要的作用。

实验分析表明, 介绍的同步整流管驱动电路是一种简单、经济的同步整流管驱动电路。

参考文献:

- [1] 王兆安. 电力电子技术 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2000.
- [2] Thapar N, Sodhi R, Dierberger K, et al. MOSFET Technology Advances DC/DC Converter Efficiency for Processor Power. International Rectifier Technical Papers[Z].
- [3] Sayed-Amr, El-Hamamsy. Design of High-Efficiency RF Class-D Power Amplifier [J]. IEEE Trans. on Power Electronics, 1994, 9(4): 297 ~ 308.
- [4] Tabisz W A, Lee F C, Chen D Y. A MOSFET Resonant Synchronous Rectifier for High-Frequency DC/DC Converter[A]. PESC '90[C]. 1990: 769 ~ 779.
- [5] Yamashita N, Murakami N, Yachi T. Conduction Power Loss in MOSFET Synchronous Rectifier with Parallel-Connected Schottky Barrier Diode [J]. IEEE Trans. on Power Electronics, 1998, 13(4): 667 ~ 673.