

基于 L6565 的准谐振反激式变换器设计方法

曹学武, 秦会斌*

(杭州电子科技大学 电子信息学院, 浙江 杭州 310018)

摘要: 为了提高开关电源的功率密度, 减小开关电源的体积和电磁干扰 (EMI), 降低功率开关器件的导通损耗, 介绍了一种基于 L6565 的准谐振反激式变换器。利用功率开关管自身的输出电容与变压器原边电感产生谐振, 通过适当的控制实现了开关管的零电压导通。与传统的反激式硬开关变换器相比, 它能有效地减小开关损耗, 提高变换器的效率。

关键词: 反激式变换器; 准谐振; 零电压导通

中图分类号: TN401; TM131.4

文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2011)10-1284-03

Design method of quasi-resonant flyback converter based on L6565

CAO Xue-wu, QIN Hui-bin

(School of Electronics & Information, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: In order to improve the power density of switching power supply, reduce the size and the electromagnetism interference (EMI), lower the power switching device conduction losses, a quasi-resonant flyback converter based on L6565 was introduced, the power MOSFET's output capacitance and the primary inductance of the transformer were used to produce resonance. Through appropriate control, the zero-voltage switch turn-on was realized. With the traditional hard-switching flyback converter than it can effectively reduce the switching loss and improve the converter efficiency.

Key words: flyback converter; quasi-resonant; zero-voltage switch (ZVS)

0 引言

伴随着开关电源的广泛应用和不断发展, 出现了很多谐振和准谐振变换器。这两类变换器的核心^[1]是都有一个储能电路, 在电源的功率转换过程中, 不像传统的谐振变换器, 准谐振变换器能够利用储能电路产生零电压或零电流^[2-3]来控制功率开关管的导通与关闭。通过这种控制方式可以有效地降低开关管的导通损耗, 提高变换器的效率^[4]。

理论上有很多种方法可以实现准谐振反激式变换器, 但大多数的变换器并不能适用对电源品质要求高、具有宽电压输入范围、离线式的 LED 照明中。本研究将提出一种可以应用在中低功率 LED 照明中的低成本准谐振反激式变换器设计方法, 能适用宽电压输入

范围, 有效地降低开关管的导通损耗, 提高电源效率。

1 反激式准谐振变换器的原理

一种可以用在离线式变换器中的反激式准谐振变换器的基本电路如图 1 所示, 它是由 MOS 开关管、反激式变压器、输出整流二极管、输入滤波电容 C_{in} 、输出滤波电容 C_o 和谐振电容 C_d 组成, 其中 C_d 包括开关管的输出电容 C_{oss} 、变压器的分布电容以及电路中的其他杂散电容。

工作在断续模式 (DCM) 下的反激式准谐振变换器工作波形如图 2 所示, 在反激式准谐振变换中, 每个周期可分为三个不同的时间段^[5]。由图 2 可知, 在开关管关断之后, 在漏极会产生一个尖峰电压, 这个尖峰电压是变压器漏感和电容 C_d 谐振引起的。之后开关

收稿日期: 2011-03-07

作者简介: 曹学武 (1985-), 男, 山东潍坊人, 主要从事开关电源方面的研究. E-mail: cxwhdu@163.com

通信联系人: 秦会斌, 男, 教授, 博士生导师. E-mail: qhb@hdu.edu.cn

管漏极电压趋于一个稳定值^[6],其大小等于:

$$V_{DSs} = V_{in} + V_R = V_{in} + N \cdot (V_{out} + V_f) \quad (1)$$

式中: V_{in} —整流后的直流电压, V_R —一次级到初级的反射电压, N —初级与次级线圈的匝数比, V_{out} —一次级整流后的输出电压, V_f —输出整流二极管 D 的正向压降。

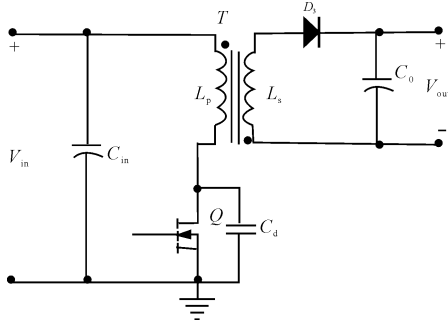


图 1 反激式准谐振变换器基本电路

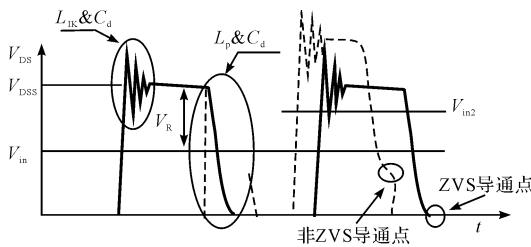


图 2 准谐振变换器的工作波形

经过时间 T_{FW} 后,反激变换器的能量完全传递给负载,流过输出整流二极管的电流减小到零,输出整流二极管反向截止。此时,由原边电感 L_p 、原边电感等效电阻 R_p 和电容 C_d 构成的 RLC 谐振电路开始振荡,在开关管漏极产生一个谐振电压 V_{DS} ,其值为:

$$V_{DS}(t) \approx V_{in} + V_R \cdot e^{-\alpha t} \cdot \cos(2\pi \cdot f_r \cdot t) \quad (2)$$

式中: α —振荡衰减系数, $\alpha = R_p/2L_p$; f_r —谐振频率, $f_r = 1/2\pi \sqrt{L_p C_d}$ 。

由图 2 及式(2)可知,为了降低开关损耗,必须让开关管在电压最低处开通,此时应有:

$$\cos(2\pi \cdot f_r \cdot T_v) = -1 \quad (3)$$

所以谐振时间 T_v 为:

$$T_v = \frac{1}{2 \cdot f_r} = \pi \cdot \sqrt{L_p \cdot C_d} \quad (4)$$

由于准谐振技术使电源在任何输出负载、任何线性输入电压条件下,通过延迟开关关断时间,使开关管漏-源电压降至最低,以保证其在临界导通模式下以最低的漏极电压进行开关动作,减少尖刺干扰,最终达到降低其损耗的目的。由此可知,电源的谐振工作频率将随着负载和输入电压条件的变化而变化,以实现零电压导通功能。对此,确定工作频率是电源设计的关键,

其频率推导^[7-9]如下:

$$T_{ON} = \frac{L_p \cdot I_{PKP}}{V_{in}} \quad (5)$$

式中: I_{PKP} —原边电感的峰值电流。

且:

$$T_{FW} = \frac{L_s \cdot I_{PKS}}{V_{out} + V_f} = \frac{L_p \cdot I_{PKP}}{V_R} \quad (6)$$

式中: I_{PKS} —副边电感的峰值电流。

变换器的转换周期 T_{SW} 包括 T_{ON} 、 T_{FW} 、 T_v , 所以其开关频率^[10]为:

$$f_{SW} = \frac{1}{T_{SW}} = \frac{1}{T_{ON} + T_{FW} + T_v} \quad (7)$$

由于变换器工作在断续模式,初级峰值电流与输入功率有关,其关系为:

$$P_{in} = \frac{1}{2} \cdot L_p \cdot I_{PKP}^2 \cdot f_{SW} \quad (8)$$

通过式(4,5,6,7,8)可得开关频率^[11]为:

$$f_{SW} = \frac{1}{1 + \frac{f_r}{f_r} + \sqrt{1 + 2 \cdot \frac{f_r}{f_r}}} \quad (9)$$

式中:

$$f_r = \frac{1}{2 \cdot P_{in} \cdot L_p \cdot \left(\frac{1}{V_{in}} + \frac{1}{V_R} \right)^2} \quad (10)$$

式(10)表明,最小的开关频率 f_{SWmin} 出现在“输入电压 V_{in} 最小、输入功率 P_{in} 最大”的时刻。

2 设计实例以及实验结果

根据以上的原理分析,本研究设计了一个基于 L6565 的 60 W LED 准谐振反激式驱动电源,60 W LED 驱动电源 L6565 控制部分外围电路如图 3 所示。

为使 LED 驱动电源实现恒流稳压输出,本研究采用次级反馈调节技术。因此,L6565 的电压反馈输入端 1 脚要通过一个电阻分压网络与 V_{cc} 直接相连;为实现恒定功率输出,1 脚和 2 脚要并联 π 型补偿网络;引脚 3 为线电压前馈输入引脚,通过一个电阻分压网络,为引脚 3 按比例提供一个输入电压;4 脚为 PWM 比较器的反相输入端,通过检测采样电阻 R23 上的电流变化,控制开关管的导通;5 脚为过零检测引脚,通过给芯片供电的辅助绕组来检测变压器是否退磁;7 脚为功率开关管栅极驱动引脚,该引脚控制功率开关管的导通和关闭。

电源的主要设计参数如下:宽输入电压范围 AC 85 V ~ 265 V,输入电压频率 47 Hz ~ 60 Hz。恒定电流输出 DC 36 V,1 700 mA,最低开关频率 35 kHz,满载

输出功率 61.2 W。

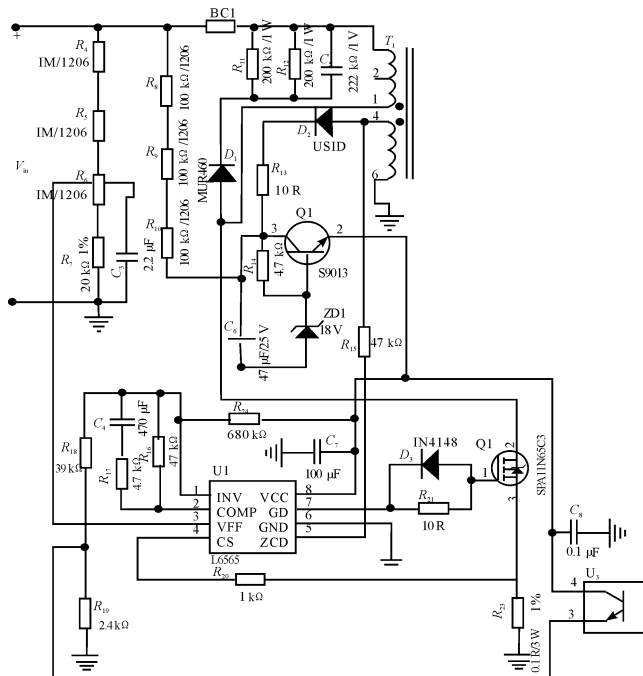


图 3 60 W LED 驱动电源 L6565 控制部分外围电路

输入 220 V 全负载条件下开关管两端的电压波形如图 4 所示,从图中波形可以看见 V_{ds} 在反激输出电流为 0 时开始振荡,当振荡达到最低点时,开关管重新导通,实现了零电压导通。

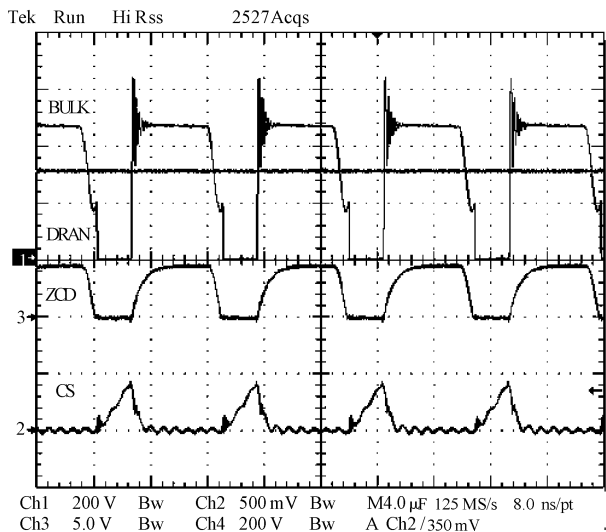


图 4 输入 220 V 全负载下开关管两端电压波形

表 1 基于 L6565 的 60 W LED 驱动电源效率(全负载)

V_{AC}/V	P_{IN}/W	P_{OUT}/W	$\eta/(%)$
85	69.4	61.2	88.2
110	68.8	61.2	88.9
220	68	61.2	90
265	67.2	61.2	91

在全负载条件下,在各个不同电压值下测得的驱

动电源的转换效率如表 1 所示,通过对比相同条件下传统的反激式变换器的效率,采用准谐振技术能显著的提升反激式电源的转换效率。

3 结束语

通过对基于 L6565 的准谐振反激式变换器设计,可以使反激式变换器工作在零电压导通状态,大大的减少了开关管的开关损耗,有效的降低了电路的 EMI,提高了电源的转换效率。目前,采用准谐振技术的反激式开关电源正得到越来越多的应用。

参考文献(References):

- [1] 丁 莉. 基于零电压准谐振技术的直流开关电源实现软开关[J]. 黑龙江科技信息, 2011(5):55.
- [2] 沙占友,马洪涛. 准谐振式软开关变换器的设计[J]. 电源技术应用,2008(2):59-64.
- [3] 叶 涛. 低功耗高效率的准谐振控制电路设计[D]. 长沙:国防科学技术大学研究生院,2010:7-9.
- [4] PRESSMAN A I, BILLINGS K, MOREY T. 开关电源设计[M]. 3 版. 北京:电子工业出版社,2010:72-98.
- [5] 王维新,王书堂. 低损耗准谐振反激变换器的实现[J]. 电源世界,2009(7):34-36.
- [6] ADRAGNA C. L6565 quasi-resonant controller [EB/OL]. [2010-08-19]. www.st.com/internet/com/TECHNICAL_RESOURCES/TECHNICAL_LITERATURE/APPLICATION_NOTE/CD00004217.pdf.
- [7] 汪 洋,林海青,常 越. 反激式准谐振开关电源工作频率确定及电源研制[J]. 电力电子技术,2005,39(3):92-94.
- [8] KWON J M, CHOI W Y, KWON B H. Single-stage quasi-resonant flyback converter for a cost-effective PDP sustain power module[J]. **Industrial Electronics, IEEE Transactions on**, 2011, 58(6): 2372-2377.
- [9] ANITHA T, ARULSELVI S. Study of cross-regulation and intelligent control of a flyback quasi resonant converter. [C]. In **Industrial Electronics and Applications**, 2009. ICIEA 2009. 4th IEEE Conference on, 2009.
- [10] 刘红玉,茹海涛. 零电压准谐振开关电源的设计[J]. 常熟理工学院学报, 2010(8):58-60.
- [11] LING Z S, LIANG T J, YANG L S, et al. Design and implementation of interleaved quasi-resonant DC-DC flyback converter[C]. In **Power Electronics and Drive Systems**, 2009. PEDS 2009. International Conference on, 2009.

[编辑:张 翔]