

基于 UC3863 控制的 LLC 谐振变换器的设计及仿真

张志成, 尹斌, 郭首金

(河海大学 能源与电气学院, 江苏 南京 211100)

摘要: 设计了一种以 UC3863 芯片为核心控制芯片的开关电源, 其电路采用半桥结构的 LLC 谐振电路, 带有 PFC 电路, 且整个电路设计有自限流功能。分析了 LLC 谐振变换器整个电路的工作原理及自限流功能的实现。结合交流 220 V 输入 1KW 输出电路, 分别对 PFC 电路和主电路进行仿真, 仿真结果验证了该设计的可行性。

关键词: 开关电源; LLC 谐振; PFC 电路; 自限流; UC3863

中图分类号: TN86

文献标识码: A

文章编号: 1674-6236(2012)06-0176-04

Design and simulation of half-bridge LLC resonant converter based on UC3863 control

ZHANG Zhi-cheng, YIN Bin, GUO Shou-jin

(School of Energy and Electrical, Hohai University, Nanjing 211100, China)

Abstract: Design of a kind of a Switching Power Supply which takes half-bridge LLC circuit with PFC circuit that based on UC3863 control, and it has the function of current self-limit. And in detail analyze principles of LLC resonant converter and current self-limit. This paper focuses on Power Supply of 1KW with 220 V AC input for research, the simulation results about PFC and main circuit verify the correctness of the proposed design.

Key words: switching power supply; LLC resonant; PFC circuit; current self-limit; UC3863

随着通信产品的小型化发展, 对开关电源的性能要求方面也越来越高, 促使电源向高频、高可靠、低耗和小型化的趋势发展, 同时促进开关电源在高新技术领域更加广泛的应用。在开关电源向高频化和小型化的发展过程中, 其中开关损耗问题是制约其发展的一个重要因素^[1], 软开关技术能够较好的解决开关损耗的问题。

LLC 谐振变换器以其拓扑结构简单, 可以实现初级开关管零电压开通和次级输出整流管的零电流关断^[2], 开关损耗低、可高频化, 副边整流二极管电压应力低, 在高输出电压应用情况下可以实现较高的效率等优点成为近年来的一个研究热点。但是 LLC 谐振变换器的拓扑在其实际的应用过程中还存在着许多问题, 当出现电路启动、负载过流或短路情况时如何限制电路中的电流以防止电路损坏就是其中的一个主要问题^[3]。在文献[3]中提出了一种具有自限流功能的新型拓扑结构以解决此问题。本文对此拓扑进行研究, 并以此设计了一个具有自限流功能的 LLC 谐振电源, 并用软件对其电路进行了仿真。

1 LLC 谐振通信电源的电路组成

LLC 谐振变换器的电路主要由整流桥、PFC 电路、DC/DC 变换、输出整流滤波电路以及控制反馈保护回路等环节组成, 是一个完整的闭环系统。LLC 谐振电源的系统图如图 1 所示。

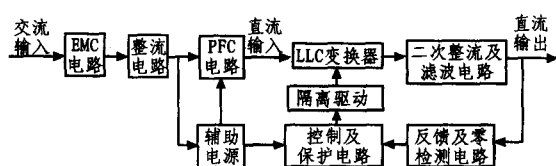


图 1 LLC 谐振开关电源原理框图

Fig. 1 Structure of LLC resonant converter

其中 PFC 电路是由 UC3854 芯片为核心控制芯片构成的经典电路, 在整流电路后加入 LC 谐振, 输出直流电压稳定在 400 V。DC/DC 变换电路采用 LLC 谐振电路, 利用电路发生谐振时, 电流或电压周期性过零点, 使得开关器件在零电压或零电流条件下开通或关断, 从而实现软开关, 达到降低开关损耗的目的^[4]。

2 控制电芯片内部结构

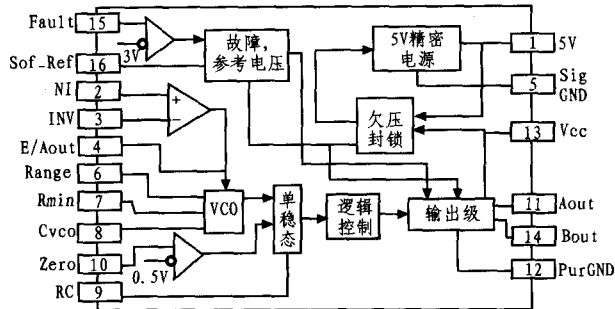
图 2 所示为控制芯片 UC3863 的内部结构框图。查其数据手册可知, UC3863 是一款零电压准谐振变换器变频控制芯片, 可以产生最小 10 kHz 到最大 1 MHz 之间的可变的频率信号。

芯片 UC3863 内部结构如图 2 所示。主要包括一个误差放大器(E/A), 一个压控振荡器(VCO)产生最大、最小的可变频率, 一个过零检测比较器的单稳态发生器(OneShot), 两个输出驱动器, 一个 5 V 偏置电压发生器, 一个欠压锁定电路(UVLO)以及故障软启动电路。欠压锁定(UVLO)的作用

收稿日期: 2011-11-13

稿件编号: 201111071

作者简介: 张志成(1987—), 男, 山东滕州人, 硕士研究生。研究方向: 电力电子技术。


 图2 UC3863 内部结构框图
Fig. 2 Structure of UC3863

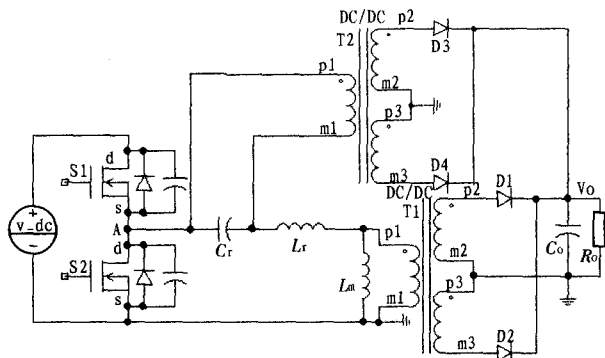
是 V_{cc} 电压低于 UVLO 的上限值时芯片输出为低电平。只有超过上限值时,5 V 电源才会工作提供电源输出。故障软启动电路具有软启动和重启延时的功能,以及提供了一个精密参考,可设定 VCO 的最大、最小频率分别为

$$f_{\min} = \frac{4.3}{R_{\min} C_{vco}}, f_{\max} = \frac{3.3}{(R_{\min}/R_{\text{upper}}) C_{vco}}$$

两路推拉驱动电流的峰值为 1 A,具有过零检测、死区设置、欠压封锁等功能。UC3863 两路输出的差值经变压器驱动功率开关管^[5-9]。

3 主电路及自限流功能的实现

图 3 所示为 LLC 谐振变换器主电路图。其构成主要有功率管 S1 和 S2;变压器 T1;谐振元件,包括谐振电容 C_r ,电感 L_r 和激磁电感 L_m ;半桥全波整流二极管 D1 和 D2 以及输出电容 C_o 。


 图3 具有自限流功能的 LLC 谐振变换器原理图
Fig. 3 Structure of LLC resonant converter with self current-limitation function

由上图可知,具有自限流功能的 LLC 谐振变换器与传统的 LLC 变换器相比,仅多了 1 个变压器 T2 和 2 个二极管 D3 及 D4,构成自限流电路。其工作原理为:在正常工作情况下,自限流电路不起作用,电路和传统的谐振电路工作原理相同。当过流和短路情况出现时,谐振电容两端的电压升高,致使变压器 T2 的电压随之升高。当变压器 T2 副端电压 V_o 超过输出电压时,自限流电路二极管 D3、D4 交替导通,从而使谐振电容电压被钳位,此时谐振电流也随之被钳位。当此谐振变换器短路工作时,特别是在控制上结合变频方法时,当

频率高于谐振频率时比传统的 LLC 谐振变换器短路电流要小。在控制电路中引入限流环,当电路中突然出现过流情况时,限流环起作用使输出电压降低,从而可以进一步限制电路中电流的上升^[9]。

4 主要元件参数计算

输入电压范围: $V_{\min} = 255 \text{ V}$, $V_{\max} = 420 \text{ V}$; 额定输入电压: $V_{\text{in}}^{\text{nom}} = 400 \text{ V}$ 。输出电压电流: $V_o = 50 \text{ V}$, $I_o = 20 \text{ A}$; 输出功率: $P_o = 1 \text{ kW}$; 谐振频率 $f_r = 100 \text{ kHz}$ 。

1) 理论变压比

$$n = \frac{V_{\text{in}}^{\text{nom}}}{V_o + V_d} = 3.9 \quad (1)$$

其中 V_d 为二极管压降

2) 最高、最低输入电压增益

$$G_{\min} = 2n \frac{(V_o + V_d)}{V_{\min}^{\max}} = 0.942, G_{\max} = 2n \frac{(V_o + V_d)}{V_{\min}^{\min}} = 1.551 \quad (2)$$

3) 计算输出负载电阻和等效负载阻抗

$$R_L = \frac{V_o}{P_o} = 2 \Omega, R_{\text{eq}} = n^2 \frac{8}{\pi^2} = 30.9 \Omega \quad (3)$$

4) 计算品质因数 Q , 开关最大频率 $f_{\max}$ 、最小频率 $f_{\min}$ 以及谐振网络主要参数

设定 $k=3$

$$Q = \frac{0.95}{k G_{\max}} \sqrt{k + \frac{G_{\max}^2}{G_{\max}^2 - 1}} = 0.443 \quad (4)$$

$$f_{\min} = \frac{f_r}{\sqrt{1 + k \left(1 - \frac{1}{G_{\max}^2}\right)}} = 60.27 \text{ kHz} \quad (5)$$

$$f_{\max} = \frac{f_r}{\sqrt{1 + k \left(1 - \frac{1}{G_{\min}^2}\right)}} = 110.75 \text{ kHz} \quad (6)$$

$$C_r = \frac{1}{2\pi Q f_r R_{\text{eq}}} = 116.5 \text{ nF} \quad (7)$$

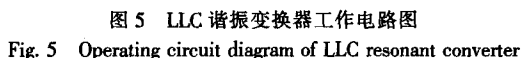
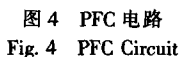
$$L_r = \frac{Q R_{\text{eq}}}{2\pi f_r} = 21.8 \mu\text{F}, L_m = k L_r = 65.3 \mu\text{F} \quad (8)$$

根据计算,选定的参数如下:变压器比 16:4:4;开关管 Q1、Q2:ixfk44n50;输出整流管 D1~D4:ixfk44n50。

5 半桥谐振开关电源的实现

图 4 所示为以 UC3854 芯片为核心控制芯片的 PFC 电路图,其交流输入范围为 150~250 V,额定交流输入 220 V,额定直流输出 400 V。

图 5 所示为 LLC 谐振开关电源工作电路图。电路的输出电压经采样后接到芯片 IN 端,输出电流经过电流反馈环采样,与 lm393 的给定电压比较后接入芯片 Fault 端。将芯片 (E/A) 的负端接到芯片 Soft-Ref 脚。当电路中谐振电流过大时,lm393 输出高电平,当芯片 Fault 脚电压超过 3 V 从而使芯片输出低电平,即芯片被关断。同时,电路中谐振电流上升使自限流电路开始工作,二极管 D3 和 D4 交替导通,谐振电容电压被钳位,从而使谐振电流被钳位,芯片重新启动。



软件对 PFC 电路及 LLC 谐振变换主电路进行仿真。

交流输入电压为 150 V、220 V 及 250 V 时的 PFC 电路直流输出电压波形为图 6 所示,由此波形可以看出,PFC 电路能够稳定输出直流电压。



Fig. 6 DC output voltage waveform of PFC Circuit in different ac input voltage

谐振电感和谐振电容谐振,励磁电感不参与谐振,谐振电流波形近似半个正弦波;当输出负载为空载时,谐振电流呈现三角波,该电流为励磁电感电流,它为主电路开关管实现ZVS创造条件。

万方数据

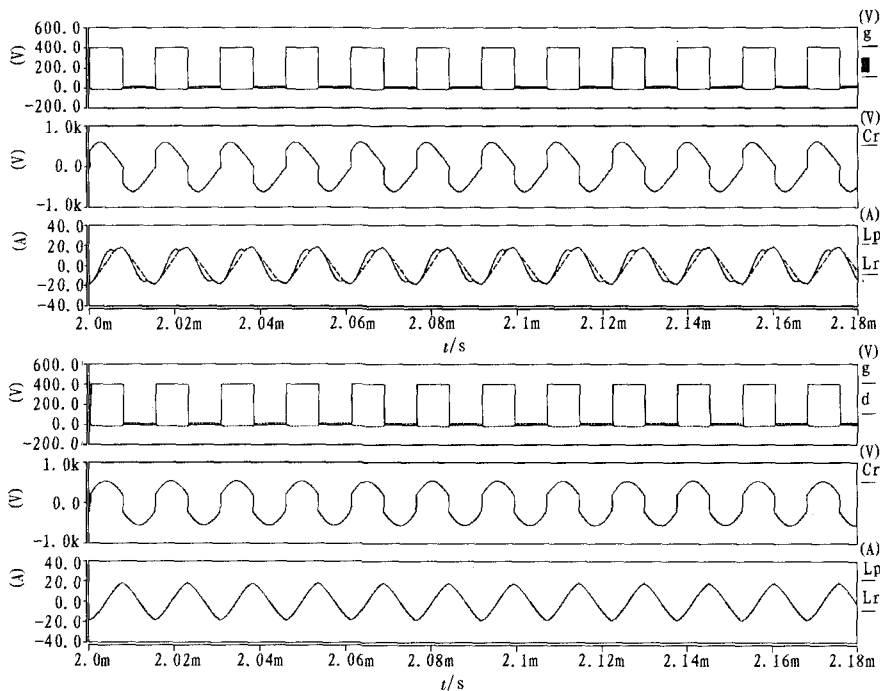


图7 额定负载以及空载时主要的参数波形

Fig. 7 Main waveforms with rated load and no-load

图8所示为额定输入400V时,在短路情况下测得的主谐振电压以及原边电流稳定自限流电路发挥作用。变压器^[7]原边电流波形和谐振电容两边电压波形。在短路时,

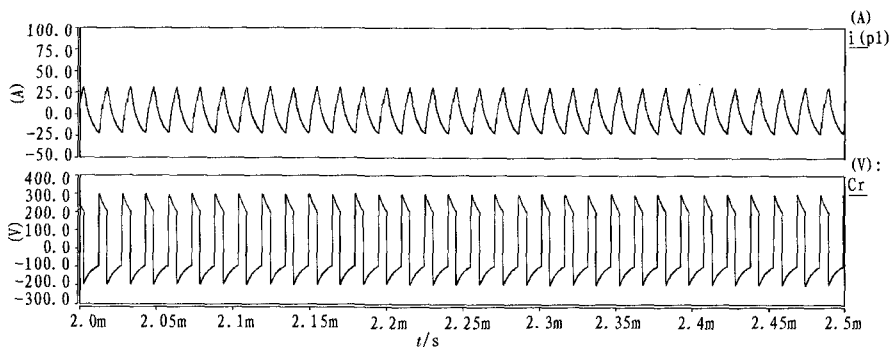


图8 额定输入电压400V短路情况下主要波形

Fig. 8 Main waveforms under short-circuit with rated input voltage 400V

7 结论

介绍了基于 UC3863 控制的 LLC 谐振变换器。分析了整个电路的工作原理以及自限流功能的实现,其主开关管和整流管均能实现软开关,减少了开关损耗。最后通过仿真分析,验证了此设计的可行性。

参考文献:

- [1] 孙铁成,公茂忠,唐迎春.零电流准谐振开关电源的设计[J].电力电子技术,2000(1):34-36.
SUN Tie-cheng, GONG Mao-zhong, TANG Ying-chun. Design of zero current quasi-resonant switching power supply [J]. Power Electronics Technology, 2000(1):34-36.
- [2] 许文香,蔡丽娟.LLC谐振变换器与传统PWM变换器的分

析比较[J].通信电源技术,2007(24):12-14.

XU Wen-xiang, CAI Li-juan. The analysis and comparison Between LLC resonant converter and traditional PWM converter[J]. Telecom Power Technologies, 2007(24):12-14.

- [3] 谢小高,张军明,钱照明.一种具有自限流功能的LLC谐振电流器拓扑[J].电力系统自动化,2006(30):64-67.
XIE Xiao-gao, ZHANG Jun-ming, QIAN Zhao-ming. A LLC Resonant Converters with current self-limit topological structure [J]. Automation of Electric Power Systems, 2006(30):64-67.
- [4] 刘兴元.480W工业导轨电源的设计—基于半桥LLC谐振变换器开关电源[D].苏州:苏州大学,2009.
- [5] 谢文涛,李晗.基于半桥LLC谐振变换器的多路输出辅助电

(下转第183页)

芯片为基础的平均电流型控制校正电路。经过试验表明,该电路能够使功率因数达到 0.99 以上,校正效果理想。该系统电路结构简单,体积小,工作稳定可靠,在中小功率 APFC 电路中有广泛的应用前景^[9]。

参考文献:

- [1] 孙宏.有源功率因数校正电路的设计[J].微计算机信息,2006(8):245-247.
SUN Hong. Design of active power factor correction circuit [J]. Microcomputer Information, 2006(8):245-247.
- [2] 李勇伟,孙筱琳,王志海,等.开关电源的有源功率因数校正电路设计[J].电源技术应用,2007(10):13-17.
LI Yong-wei, SUN Xiao-lin, WANG Zhi-hai et al. Circuit design of the active power factor corrector in the switching mode power supply [J]. Power Supply Technologies and Applications, 2007(10):13-17.
- [3] 牟述佳,姜学东.基于 MATLAB 的有源功率因数校正器设计[J].电子质量,2007(10):8-11.
MOU Shu-jia, JIANG Xue-dong. The design of APFC based

on MATLAB [J] The Design of APFC Based on MATLAB, 2007(10):8-11.

- [4] 胡新新,郭育华.基于 IR1150 的有源功率因数校正电路的设计[J].自动化信息,2008(11):34-37.
HU Xin-xin, GUO Yu-hua. Design of active power factor correction circuit based on IR1150 [J]. Automation Information, 2008(11):34-37.
- [5] 石宏伟.基于 UC3854 有源功率因数校正电路的设计[J].机械制造与自动化,2009(3):144-147.
SHI Hong-wei. Design of active power factor correction circuit based on UC3854 controller [J]. Machine Building & Automation, 2009(3):144-147.
- [6] 王琪,高田.2 kW 有源功率因数校正电路设计[J].电子设计工程,2009(12):15-17.
WANG Qi, GAO Tian. Design of 2 kW active power factor correction circuit [J]. Electronic Design Engineering, 2009(12):15-17.

(上接第 179 页)

- 源设计[J].电源技术应用,2007(10):10-13.
XIE Wen-tao, LI Han. Design of multi-roads output auxiliary power supply based on half-bridge LLC resonant converter[J]. Power Supply Technologies and Applications, 2007(10):10-13.
- [6] 孙铁成,唐迎春,杨华.零电压准谐振变换器控制芯片 UC3863[J].电力电子技术,2000(6):46-48.
SUN Tie-cheng, TANG Ying-chun, YANG Hua. Control of Zero voltage quasi-Resonant converters an inverter circuit UC3863

[J]. Power Electronics Technology, 2000(6):46-48.

- [7] 李军浩,顾朝敏,孙振权,等.换流变压器阀侧绝缘承受电压类型及含量分析[J].陕西电力,2011(10):1-3.
LI Jun-hao, GU Chao-min, SUN Zhen-quan, et al. Analysis of withstand voltage type and content for converter transformer valve side insulation[J]. Shaanxi Electric Power, 2011(10):1-3.

Intersil 推出业内速度最快和支持 JESD204B 串行输出的单/双通道 14 位 ADC

Intersil 公司推出业内速度最快、功耗最低和支持 JESD204B 串行输出的单通道及双通道 14 位模数转换器(ADC)——ISLA224S/ISLA214S50,这些串行输出 ADC 的单通道和双通道采样率分别可达 500 M/s(Msps)和 250 M/s。

ISLA224S/ISLA214S50 系列是目前首批量产的提供 JESD204B 串行输出的 ADC 产品。兼容 JESD204B 标准的集成发送器的数据传输率高达 4.375 Gbps/链路,只需要 2 条链路来支持双通道 14 位 250 Msps 转换器(每通道一个链路通道)或单通道 14 位 500 Msps 转换器。发送器中还包括可选的第 3 条链路通道,在小于 3.125 Gbps 的传输率下操作串行链路时,可支持最大采样率,提供了对 JESD204A 标准的向后兼容性,以支持更低成本的 FPGA。JESD204B 发送器还提供 ADC 采样时钟和串行化数据流之间的确定延迟(deterministic latency)支持。这可以满足多通道和 I/Q 通信系统的同步要求。

在采样率为 250 Msps 时,ISLA224S25 的功耗只有 980 MW,相比之下,采样率更低的同类串行转换器产品的功耗为 1 000 MW 或更高。另外 ISLA214S50 的功耗仅 1 050 MW,而竞争产品却高达 2 500 MW。

ISLA224S 和 ISLA214S50 非常适用于高性能数据采集和宽带通信系统。另外它们也是高速医学成像系统、微波接收器和雷达或卫星天线阵列处理以及其他高速应用的理想选择。此外,集成的 8 b/10 b 串行编码器简化了对外置串行器件的需求,从而简化了串行数据通信系统的设计。

咨询编号:2012061013

基于UC3863控制的LLC谐振变换器的设计及仿真

作者: [张志成](#), [尹斌](#), [郭首金](#)
作者单位: [河海大学能源与电气学院, 江苏南京, 211100](#)
刊名: [电子设计工程](#)
英文刊名: [Electronic Design Engineering](#)
年, 卷(期): 2012, 20(6)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_dzsjpgc201206068.aspx