

基于 UCC29002 的电源均流电路设计

刘天翔, 邹晓渔, 戴钱坤

(中航雷达与电子设备研究院, 江苏 无锡 214063)

摘要: 介绍了常用的均流方法, 选择最大电流自动均流法, 采用 UCC29002 设计了电源的均流控制电路。该均流电路结构简单、均流效果好、可靠性高、应用范围广。通过两台模块电源并联实验, 验证了该均流电路的有效性。

关键词: 电源; 并联均流; 最大电流自动均流法; 控制芯片

中图分类号: TN86

文献标识码: A

文章编号: 0258-7998(2012)01-0048-03

Design of current-sharing circuit for power supply module based on UCC29002

Liu Tianxiang, Zou Xiaoyu, Dai Qiankun

(Avic Radar and Avionics Institute, Wuxi 214063, China)

Abstract: This paper introduces the common current sharing methods, chooses the maximum current automatic current-sharing technique, and uses the controller UCC29002 to design the current-sharing circuit. The control circuit has the advantages of simple peripheral circuit, good average current sharing effect, high stability and wide application. Experiments are made on two modules, the results show the control circuit runs well.

Key words: power supply; parallel current sharing; maximum current automatic current-sharing method; control chip

在分布式电源系统中, 并联工作的各个电源模块特性不可能完全一致, 如不采取措施可能会导致某个模块承受较大的电流压力, 引起该模块甚至整个系统的故障^[1-2]。因此, 在多模块并联运行系统中必须引入有效的均流控制策略, 从而使各模块均匀地承担负载功率, 提高系统的可靠性。

目前, 开关电源并联系统常用的均流方法有: 输出阻抗法、主从均流法、平均电流自动均流法、最大电流自动均流法和外加均流控制器法等^[3], 其中最大电流自动均流法因其均流精度高、负载调整率高、动态响应好、易于实现冗余的优点而得到广泛应用。其工作原理是: 在 n 个并联的模块中, 输出电流最大的模块, 将自动成为主模块, 其余的模块则为从模块。各从模块的电压误差依次被整定, 以校正负载电流分配的不均衡。采用这种方法可以较好地实现冗余, 不会因某一个模块的故障而影响整个系统的运行^[4]。

1 均流控制芯片 UCC29002 简介

UCC29002 是根据最大电流自动均流法开发的 8 引脚均流控制器, 它提供了多个独立电源或者 DC/DC 模块并联均流所需的所有功能。其主要特点是^[5]:

- (1) 精度高: 全负载范围均流误差小于 1%;
- (2) 可高端和低端检测电流;
- (3) 超低失调电压的电流检测放大器;
- (4) 全量程可调节;
- (5) 均流总线对地短路或接电源正极短路保护;
- (6) 小尺寸 8 管脚 MSOP 封装, 外围器件少;
- (7) 工作温度范围: $-40^{\circ}\sim+105^{\circ}$ 。

图 1 为 UCC29002 内部框图。其均流过程为: 电流检测电阻在模块电源的输出端检测到一个与模块电源输出电流成比例的信号, 送入电流检测放大器, 而电流检测放大器的输出与模块电源的输出电流成正比例, 且作为输入信号供给均流驱动放大器的正输入端。由于均流驱动放大器增益为 1, 所以均流驱动放大器与电流检测放大器的输出电压相等。当该电压相对于所有模块电源的电位为最高时, 则该电源模块称为主模块, 主模块均流驱动放大器的输出决定了均流母线电压。其他模块电源成为从模块, 由于串联在均流驱动放大器输出端的二极管的作用, 从模块的均流驱动放大器输出不与均流母线相通。

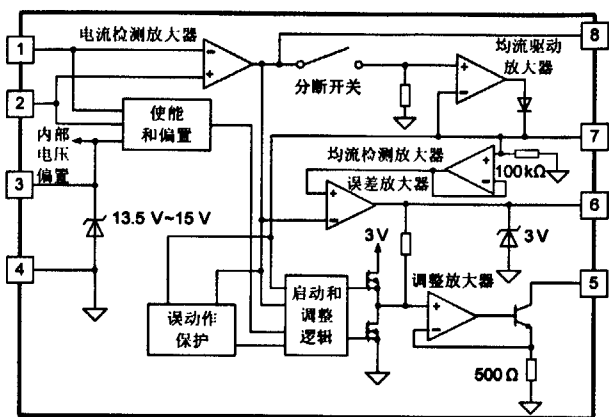


图1 UCC29002 内部框图

误差放大器稳定状态的输出电压是电流检测放大器的输出与均流检测放大器输出电压差的函数,当工作在主模块状态时电压差为零。为确保误差放大器正确的输出状态,有25 mV的偏置电压串联在它的反向输入端,以增加主从模块之间的转换裕度。同时将确保工作在主模块状态的误差放大器输出为零,但所有的从模块均产生非零的误差电压,该误差电压与各模块电源电流检测放大器的输出和母线电压之差成比例的。

误差电压用来调整模块电源的输出电压,以平衡所有并联模块电源的负载电流,这是通过调整放大器和缓冲三极管来实现的。调整放大器输出的误差信号用于驱动缓冲三极管。误差信号定义为 i_{ADJ} ,通过 i_{ADJ} 改变 R_{ADJUST} 上的电压来调节模块电源的输出电压,从而实现模块电源间的均流。

误动作保护单元通过比较CSO和LS端的值防止均流总线对地短路或接电源正极短路。当控制芯片发生故障时,通过控制调整放大器启动和调整逻辑单元,防止输出错误的调节信号,实现对系统的保护。

2 自动均流控制电路设计

2.1 电路设计

以两台输出直流电压28 V,额定输出电流20 A的模块电源并联工作为例。UCC29002均流控制器应用电路如图2所示。设计中UCC29002的工作电压由模块电源提供。

由图2可知,UCC29002的外围电路简单,必须准确设定电流检测电阻 R_{SENSE} 、调整电阻 R_{ADJUST} 、补偿电容 C_{EAO} 、补偿电阻 R_{EAO} ,才能保证UCC29002按要求工作。

2.2 实验参数的确定

2.2.1 确定电流检测电阻

由于检测电阻与电源模块sense端串联,其压降 V_{RSENSE} 必须小于模块电压最大调节范围,即 V_{RSENSE} 必须远小于 $\Delta V_{ADJ(max)}$,否则芯片没有足够的空间调节模块输出电压。

$$R_{SENSE} \ll \frac{\Delta V_{ADJ(max)}}{I_{OUT(max)}} \quad (1)$$

《电子技术应用》2012年第38卷第1期

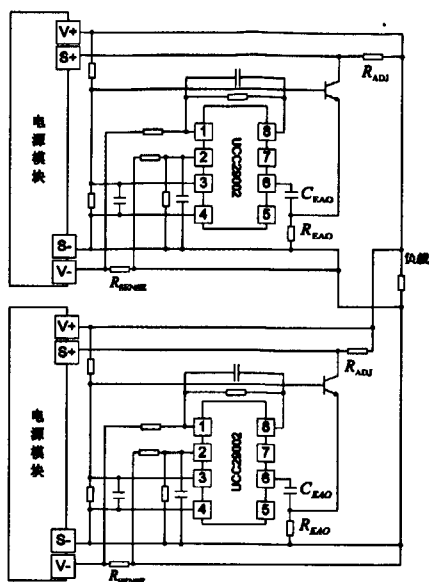


图2 UCC29002 均流控制器应用电路

式中, $\Delta V_{ADJ(max)}$ 为电源模块输出电压最大调节范围, $\Delta V_{ADJ(max)}=0.056\text{ V}$; $I_{OUT(max)}$ 为电源模块的最大输出电流, $I_{OUT(max)}=20\text{ A}$ 。

此外,检测电阻的选择还要考虑电阻的最大功耗不超过其额定功率。

$$R_{SENSE} \ll \frac{P_{RSENSE(max)}}{I_{OUT(max)}^2} \quad (2)$$

结合式(1)和式(2),本文选取2 mΩ/1 W的检测电阻。

2.2.2 确定电流检测放大器放大倍数

电流检测放大器的放大倍数(CSA)通过在放大器的反向输入端(CS-)和放大器的输出端(CSO)之间增加电阻元件设定。为避免内部放大器饱和, $V_{CSO(max)}$ 必须比电源电压 V_{CC} 低2 V以上。

$$A_{CSA(max)} = \frac{V_{CSO(max)}}{(R_{SENSE} \times I_{OUT(max)})} \quad (3)$$

本文取 $A_{CSA}=R_{CSA1}/R_{CSA2}=100\text{ k}\Omega/1\text{ k}\Omega$ 。

2.2.3 确定调整电阻

UCC29002内部调整三极管集电极电平比发射极电平至少高1 V,以保证三极管工作在放大区,这就需要调整电阻满足以下要求:

$$R_{ADJUST} \geq \frac{(\Delta V_{ADJ(max)} - I_{OUT(max)} \times R_{SENSE}) \times 500\ \Omega}{V_{OUT} - \Delta V_{ADJ(max)} - 1\text{ V} - (\frac{\Delta V_{ADJ(max)}}{R_{SENSE}} \times 500\ \Omega)} \quad (4)$$

另外, R_{ADJUST} 不宜过大,以免影响模块电压反馈回路的正常工作,本文取 $R_{ADJUST}=60\ \Omega$ 。

2.2.4 确定误差放大器补偿

C_{EAO} 和 R_{EAO} 作为误差放大器的补偿元件,其取值涉及系统的稳定性。为了避免均流控制环与电压控制环之间相互干扰,保证系统的稳定性,均流控制环的交越频率应不超过电压控制环穿越频率的十分之一。 C_{EAO} 和

R_{EAO} 可由下式计算:

$$C_{EAO} = \left[\frac{g_m}{2\pi f_{CO}} \right] \frac{R_{SENSE}}{R_{LOAD}} A_{CSA} A_{ADJ} (I_{A_{PWR}}(f_{CO})) \quad (5)$$

$$R_{CSA} = \frac{1}{2\pi f_{CO} C_{EAO}} \quad (6)$$

式中, g_m 为误差放大器的跨导, $g_m=14 \text{ ms}$; f_{CO} 为均流环的交越频率; R_{LOAD} 为负载电阻值, $R_{LOAD}=V_{OUT}/I_{OUT(max)}$; A_{CSA} 为电流检测放大器增益; $A_{PWR}(f_{CO})$ 为 f_{CO} 频率下电压环的增益, 在模块电源和 sense 间接一个测量信号可测得。

设计中, 设模块的电压环的交越频率为 400 Hz, 增益为 10 dB, 则均流环的交越频率选定 40 Hz, 代入式 (5), 得: $C_{EAO}=9.55 \mu\text{F}$, 实取 $10 \mu\text{F}$ 。在 C_{EAO} 串入一个电阻 R_{EAO} 是为了使负载均分回路获得更好的相位裕度, 在 f_{CO} 时, 其值为零, 代入式 (6), 得: $R_{EAO}=398 \Omega$ 。 C_{EAO} 和 R_{EAO} 也可经过实际电路调整。

3 实验结果

试验模型使用两台模块电源并联做均流实验。图 3 为未采用均流措施, 两模块并联输出电流分配误差曲线图。图 4 为采用均流措施, 两模块并联输出电流分配误差曲线图。模块 1# 和模块 2# 输出电流分配误差计算公式分别为 $(I_1-0.5I_0)/(0.5I_0)$ 和 $(I_2-0.5I_0)/(0.5I_0)$, 式中 I_1 为模块 1# 输出电流, I_2 为模块 2# 输出电流, I_0 为两模块输出总电流。

试验结果表明, 采用 UCC29002 设计的均流控制电路后, 模块能均匀地分担负载电流, 均流精度在 5% 以

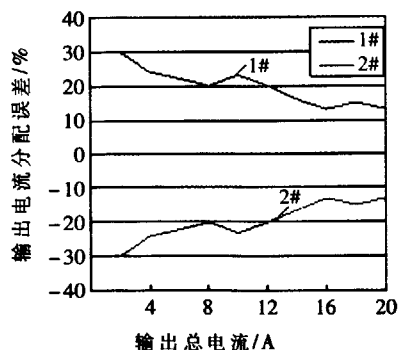


图 3 未加均流控制输出电流分配误差图

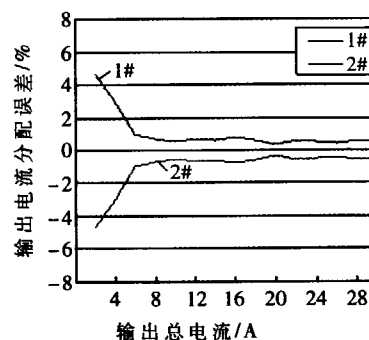


图 4 加均流控制输出电流分配误差图

内, 满足国标要求。

最大电流自动均流法通过微调输出电压, 实现模块间的负载均衡, 实际上就是牺牲恒压精度获取电流分配误差指标。此外, 为防止并联系统中电源模块故障或短路时电流反灌, 并联的电源模块需要连入 OR-ing 管。而 OR-ing 管的功耗和导通压降也会对电源性能产生影响。如何兼顾输出电压精度和均流误差精度, 仍需要进一步研究和完善。

参考文献

- [1] 韦聪颖, 张波. 开关电源并联运行及其均流技术[J]. 电气自动化, 2004, 26(2): 3-5.
- [2] HSIN H H, HORNG C K. Improved current sharing performance by dynamic droop scaling technique in multiple power systems[J]. IEEE Transaction. On Power Electronics Specialists Conference, 2007, 17(6): 189-190.
- [3] 施三保. 开关电源的分布式并联均流技术概述[J]. 船电技术, 2006, 6(2): 19-23.
- [4] 王宇飞. 基于最大电流法的 DC/DC 变换器并联系统研究[D]. 中国科学院, 2004.
- [5] Texas Instruments. Application note. UCC29002 advanced 8-pin load-share controller[M]. 2008.

(收稿日期: 2011-09-15)

作者简介:

刘天翔, 男, 1985 年生, 助理工程师, 主要研究方向: 大功率电源技术。

(上接第 47 页)

参考文献

- [1] CHAO H J, Liu Bin. High performance switches and routers [M]. New Jersey, US: John Wiley & Sons Inc, 2007: 225-278.
- [2] THO Le-Ngoc. Switching for IP-based multimedia satellite communications[J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 22(3), 2004(4): 318-322.
- [3] Zeng Yuan, Gong Wenbin, Liu Huijie, et al. Scheduling algorithm for satellite onboard switch[J]. Computer Engineering, 2009, 35(2): 158-160.
- [4] Zhang Yi, Zhou Quan, Li Jun. An input-buffer scheduling algorithm in satellite switching system[J]. Journal of Elec-

tronics&Information Technology, 2009, 31(6): 1429-1431.

- [5] Wang Peng, Yao Mingwu, Bao Minquan, et al. Switch chip of avionics full duplex ethernet based on FPGA[J]. Computer Engineering, 2008, 34(23): 261-263.

(收稿日期: 2011-09-12)

作者简介:

王孟磊, 男, 1987 年生, 硕士研究生, 主要研究方向: 宽带网络与交换技术。

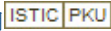
乔庐峰, 男, 1971 年生, 副教授, 主要研究方向: 超大规模集成电路设计。

施扬, 男, 1962 年生, 副教授, 主要研究方向: 宽带交换网络。

基于UCC29002的电源均流电路设计

作者：[刘天翔](#)，[邹晓渔](#)，[戴钱坤](#)，[Liu Tianxiang](#)，[Zou Xiaoyu](#)，[Dai Qiankun](#)

作者单位：[中航雷达与电子设备研究院](#)，[江苏无锡](#)，[214063](#)

刊名：[电子技术应用](#) 

英文刊名：[Application of Electronic Technique](#)

年，卷(期)：[2012\(1\)](#)

被引用次数：[1次](#)

参考文献(5条)

1. [韦聪颖](#), [张波](#) [开关电源并联运行及其均流技术](#)[期刊论文]-[电气自动化](#) 2004(02)

2. [HSIN H H](#), [HORNG C K](#) [Improved current sharing performance by dynamic droop scaling technique in multiple power systems](#)
2007(06)

3. [施三保](#) [开关电源的分布式并联均流技术概述](#)[期刊论文]-[船电技术](#) 2006(02)

4. [王宇飞](#) [基于最大电流法的DC/DC变换器并联系统研究](#) 2004

5. [Texas Instruments](#) [Application note.UCC29002 advanced 8-pin load-share controller](#) 2008

引证文献(1条)

1. [刘晓东](#), [姜婷婷](#), [方炜](#) [DC/DC变换器并联均流技术](#)[期刊论文]-[安徽工业大学学报（自然科学版）](#) 2013(1)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_dzjsyy201201016.aspx