

Vicor 模块在便携式电解水氢氧发生器电源上的应用

亢彪,王志忠,常学斌

(中国兵器科学研究院 宁波分院,浙江 宁波 315103)

摘要 简述一款便携式电解水氢氧发生器 400 W 高可靠性恒流电解电源。在分析氢氧发生器的工作原理、电源结构和关键器件选型的基础上,经过对美国 Vicor 公司和日本 Lambda 公司生产的 VI-200 系列和 PH 系列 DC-DC 变换模块进行研究,选择采用美国 Vicor 模块作为电解电源设计的变换模块。设计电源具有体积小、质量轻、可靠性高,适用于产气量为 80 L/h 的电解水氢氧发生器。

关键词 氢氧发生器;DC-DC 变换模块;恒流开关电源

中图分类号 TK91

文献标识码 A

文章编号 1004-244X(2010)02-0094-04

Application of Vicor modules in power supply of portable hydrogen-oxygen generator by electrolyzing water

KANG Biao, WANG Zhizhong, CHANG Xuebin

(Ningbo Branch of China Academy of Ordnance Science, Ningbo 315103, China)

Abstract This paper introduces a design of 400 W high-reliability constant current power supply for portable water electrolysis hydro-oxygen generator. On the basis of analyzing the working principle of hydrogen-oxygen generator, power device structure and key components selection, we did research and testing on VI-200 series and PH Series DC-DC conversion module produced by American Vicor Company and Japan Lambda Corporation, and Vicor modules of American Vicor Company are finally selected as the transformation module of the electrolytic power supply design. The power supply device has a better performance with small size, light weight, high reliability, and it's suitable for water electrolysis hydro-oxygen generator producing 80 liter gas per hour.

Key words hydrogen-oxygen generator;DC-DC conversion module;constant-current switching power supply

便携式电解水氢氧发生器,在首饰熔焊、玻璃细管封口、有机玻璃(亚克力)火焰抛光、有色金属熔焊及其它行业得到广泛的推广使用,它不仅具有体积小、质量轻、使用安全、便捷的特点,而且电解水产生的氢氧气体燃烧产物为水,对环境无任何污染,属绿色环保的设备^[1]。其电解电源的发展经历了由传统结构的电源向恒流开关电源的快速发展。早期使用的电源是以变压器降压二极管整流为主,逐步被可控硅恒流控制的电源所取代。随着开关电源技术的成熟以及电子功率器件的发展,电解电源逐步向以 MOS 场效应管和 IGBT 为功率器件的小型、高频、高可靠性的方向发展。

1 基本原理

1.1 工作原理

便携式电解水氢氧发生器主要由电解槽、电解电源、控制电路、气体过滤净化器、气体调理器、防回火器、机箱等几个部分组成,如图 1 所示^[2]。

1.2 电源结构和关键器件选择

便携式发生器要求电解电源体积小、质量轻、可靠性高,由于变压器和可控硅电源均不能满足要求,为了

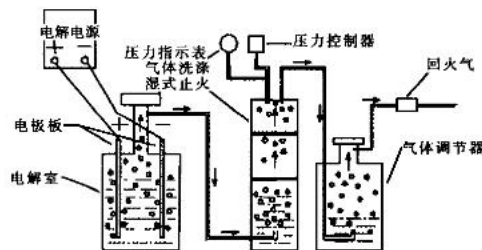


图 1 氢氧发生器原理图

Fig1 Schematic diagram of hydro-oxygen generator

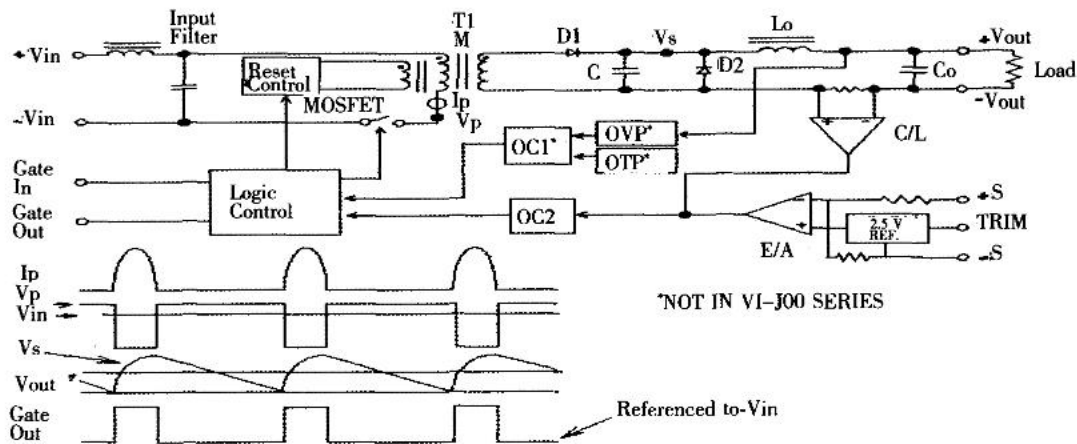
实现电源的小型化、电流恒流控制,采用功率密度更大的 DC-DC 变换器模块。在设计过程中,对美国 Vicor 公司和日本 Lambda 公司生产的 VI-200 系列和 PH 系列 DC-DC 变换模块进行试验选型,最后采用美国 Vicor 开关电源公司的高性能 VI-260-CU 零电流开关变换模块。

1.3 VI-200 DC-DC 变换器的原理和引脚说明

1.3.1 工作原理

Vicor 第一代零电流开关变换器基本方块图如图 2 所示。

当逻辑控制 Gate In 端悬空(开路集电极)时, MOSFET 开关管导通,直流电源传输到由变压器 T1 的

图2 Vicor 第一代零电流开关变换器基本方块图^[3]Fig.2 Vicor zero-current-switching converters basic block diagram of the 1st generation^[3]

固有漏感和 T1 次级的电容 C 组成的 LC 谐振电路, 由于 MOSFET 开关管导通 T1, 近似半波正弦电流通过开关管, 从而使开关管在零电流状态下导通, 并且当电流下降到零时, 开关管便会关断。由于整流管 D1 只允许电源能量单向传输, 所以不可能产生全波谐振或双向能量传输。电容 C 后面的低通滤波器 (L_o, C_o) 用于降低输出直流电压的纹波。采用零电流开关技术, 使得输入端电源能量输入几乎无损耗地传输到输出端。当逻辑控制 Gate In 端输入控制信号电压被拉低 ($< 0.65 \text{ V}$, 电流为 6 mA) 时, 开关管截止, LC 谐振电路停止谐振, 电源停止输出。

1.3.2 Vicor VI-200 模块引脚说明

-IN, +IN: 直流电压输入脚。

GATE IN: 驱动模块的 Gate In 脚, 可用作逻辑控制 (启动/停止) 的输入端。

GATE OUT: 驱动模块的 Gate Out 脚输出的脉冲信号, 用于同步驱动功率倍增模块的 Gate In 脚, 便于实现功率模块和功率倍增模块之间的电流均分。

-OUT, +OUT: 直流电压输出脚。

T(Trim): 输出电压调整脚。用以固定地调整或可变地调整模块的输出电压。

-S, +S: 输出电压检测脚。可使负载电压维持在规定的输出电压, 如果过压超过额定输出电压的 110%, 模块过压保护电路启动, 关断模块。不需要延时, -S, +S 脚分别与模块上的 -OUT, +OUT 脚相连。

1.4 便携式电解水氢氧发生器电源设计参数

分析便携式发生器负载的基本特性和产气量的要求, 设计电源参数在电源输入电压、输入频率、输出电压、输出电流、输出功率、稳流精度、电源效率、以及保护电路达到的要求: 输入直流电压为 $220\text{V} \pm 10\%$; 输入频率为 $50 \text{ Hz}/60 \text{ Hz}$; 输出直流电压为 $3.5\sim 5.5 \text{ V}$; 输出电流为 $0\sim 80 \text{ A}$; 稳流精度 $\leq 1\%$; 输出额定功率

为 400 W ; 电源效率 $\geq 80\%$; 保护电路为过流、过压、高温保护。

2 电源电路设计

根据便携式电解电源设计参数的要求, 选择性能优良、可靠性高的 Vicor VI-260-CU DC-DC 变换模块, 该模块主要特点是: “零电流”开关技术, 工作频率 2 MHz , 效率 $80\%\sim 90\%$ 。模块的基本参数是: 输入直流电压 300 V , 输出电压 5 V , 输出电流 40 A , 功率为 200 W , 采用两只模块并联输出。该电源的基本设计电路: 由主电路、恒流控制电路、辅助控制电路 3 部分组成。

2.1 主电路

由输入整流电路、DC-DC 模块变换器电路、输出电路组成, 主电路图见图 3^[4]。

主电路工作过程: $220 \text{ V } 50 \text{ Hz}$ 交流电压经保险 F_1 、扼流圈 T_1 、电感 L_1 和电感 L_2 滤波, 整流电路整流, 直流电压加到并联模块变换器的输入端, 模块将输入直流电压隔离、变换为所需电压后, 经电容滤波后输出。

主电路 DC-DC 直流变换器, 采用 VI-260-CU 模块, V1 为功率驱动模块, V2 为功率倍增模块, 两个模块的并联实现功率倍增。为了保证每个模块输出的电流平均分配, 将驱动模块 Gate Out 脚输出的脉冲信号连接到功率倍增模块的 Gate In 脚, 既可同步驱动功率倍增模块的输出, 实现动态均流。

2.2 恒流控制电路

为实现电源输出电流的控制, 通过控制 V1 功率驱动模块 Trim 脚的电压, 达到电源输出 $0\sim 80 \text{ A}$ 电流范围内连续可调且实现恒流控制。V1 功率驱动模块 Trim 脚的电压调整范围为 $1.25\sim 2.75 \text{ V}$, 对应变换器的输出电压调整范围为额定电压值的 ($-50\%\sim 110\%$)。通

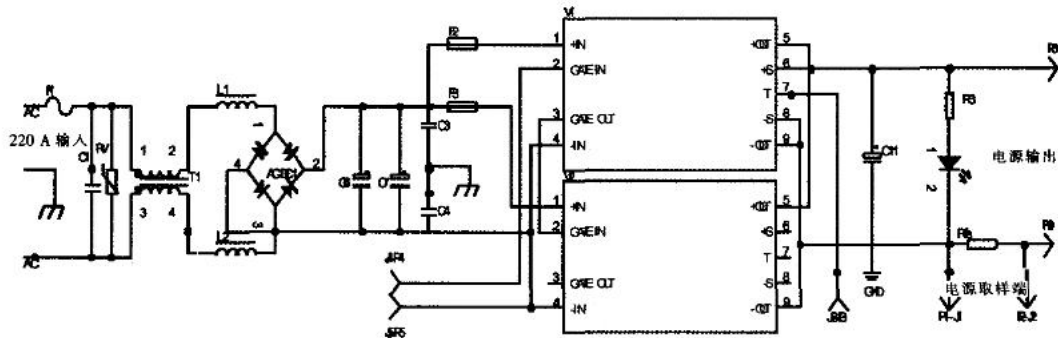


图 3 主电路图

Fig.3 Main circuit diagram

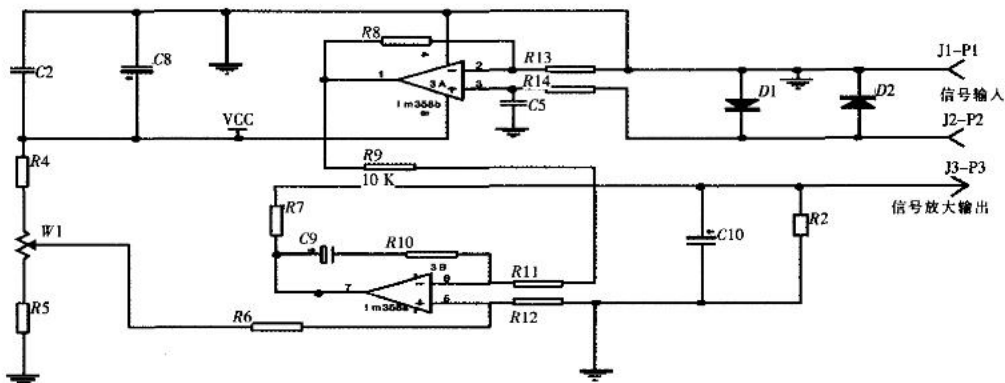


图 4 恒流控制电路图

Fig.4 Schematic diagram of constant-current control circuit

通过对 Trim 脚的电压调整控制,使 DC-DC 模块变换器的输出电压改变,实现对负载的电流控制。恒流控制电路见图 4。

双运放集成电路 LM358 用来完成电流取样信号的放大、与给定电压进行比较放大后,输出控制信号电压,加到功率驱动模块 Trim 脚进行控制,实现负载电流恒流控制。恒流控制电路的工作过程是:调整电位器 W1 时,输出电流会改变,当调整电位器 W1 到某设定电流时,即给定电压不在变化,输出电流也保持不变。当负载电流突然变大或变小时,取样电阻输出的模拟取样电压同时也会发生变大或变小的变化,变化的信号输入至运算放大器同相放大脚③,经过运算放大器同相放大后由脚①输出,加在比较放大器反向输入脚⑥,由于输入同相放大脚⑤的给定电压恒定,比较放大器输出脚⑦电压会发生相反的变小或变大的变化,变化的电压加在功率驱动模块调整端 Trim 脚,输出电压跟随发生改变,既输出电流发生相应的变化,使输出电流保持恒定不变。通过恒流控制电路的控制,实现了负载电流 0~80 A 电流范围内的稳流。

2.3 辅助控制电路

辅助控制电路由辅助电源电路、压力控制和保护电路 3 部分组成,辅助控制电路见图 5。

辅助电源电路:为恒流控制电路提供的辅助电源。辅助电源选用 220~5 V 输出功率为 1 W 的 AC-DC 变

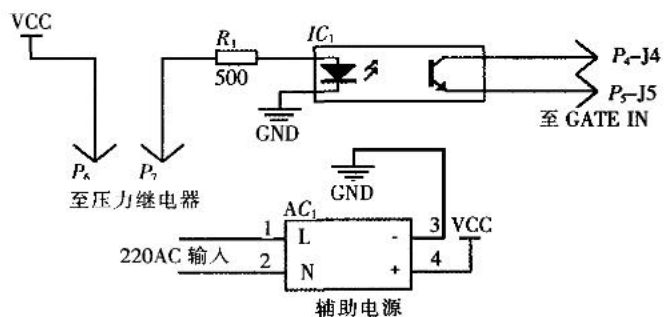


图 5 辅助控制电路图

Fig.5 Auxiliary control circuit diagram

换器。

压力控制电路:利用模块逻辑控制 Gate In 端功能,实现压力控制。P6、P7 接压力继电器常开触点,根据设计要求设定好便工作压力,当气体压力达到设定压力时,压力继电器触点开始启动,接通光偶二极管电源,光偶开关导通,V1 模块逻辑控制(启动/停止)的输入端 Gate In 脚电压被拉低<0.65 V 时,模块关断,停止产气。当氢氧混合气体压力下降到设定工作压力时,压力继电器开始启动,光偶开关断开,V1 模块 Gate In 脚悬空(开路集电极)时,模块导通,开始产气工作。

负载过热超温保护:利用模块逻辑控制 Gate In 端功能,实现电解装置过热超温保护。当电解装置工作温度高于 80 ℃时,温度开关开始启动,电源停止工作,保护电解装置温度不宜过高而影响设备正常工作,温度

开关为常开触点并联至压力开关控制支路。

模块保护电路:变换器模块内部具有过压、过流、高温报警保护。当负载输出电压达到额定电压 110%~135%时,过压保护电路开始启动;变换器模块具有直线限流特性,变换器模块输出电流达到额定电流 5%~25%时,直线限流保护电路开始启动;变换器模块过热,基板温度超过 85℃时,过热保护电路开始启动^[5]。

3 电源调整和参数测试

3.1 恒流控制电路调整

根据 V1 模块输出电压调整端 Trim 脚的电压范围,调整 R8、R10、R4、R5 和 W1 电流调整电位器的阻值,选取合适的放大倍数,可满足设计要求^[6]。

电源空载的调整,通过调整 R4、R5 和 W1 电位器的阻值,使电源输出电压尽可能的取高电压且小于额定电压的 110%,如果高于额定电压的 110%时,模块会启动过压保护。

电源带载的调整,通过调整 R8、R10、R4、R5 和 W1 电位器的阻值,在电解装置冷态时负载阻抗较大的情况下,调整 W1 电位器使电源输出电压尽可能的取高,在电解装置热态时温度接近超温状态负载阻抗

较小时,通过对上述元件调整,达到额定电流 80 A,反复进行几次空载和满载时恒流电路调整即可达到设计要求。

3.2 电源测试

电源整机测试,调整电源输入电压,在输入电源变化时,测试结果见表 1。在氢氧发生器负载变化时,测试结果达到设计参数要求,见表 2。

3.3 电源在 80 L 电解水氢氧发生器上的应用

表 2 同样可以看出,采用 400 W 开关电源,电源输出电流受电解槽负载的影响,产气量随电解液温度变化而变化。电源刚开始工作时,电解槽电解液温度低,产气量不能达到额定值(该电解槽产气量为 80 L 时,计算需要电解电流为 63.8 A),随着电解液温度的

表 1 输入电源电压改变时测试结果

Table 1 Test results with input supply voltage changing

序号	输入电压/V	输出电压/V	输出电流/A	电解槽温度/℃
1	160	4.41	79.9	50
2	180	4.41	80	50
3	220	4.40	80	50
4	242	4.39	80.2	50
5	260	4.40	80.2	50

表 2 氢氧发生器负载变化时测试结果

Table 2 Test results with load of hydrogen-oxygen generator changing

序号	输入电压/V	400 W 开关电源			400 W 恒流开关电源		
		输出电压/V	输出电流/A	电解槽温度/℃	输出电压/V	输出电流/A	电解槽温度/℃
1	220	5.3	60	20	5.5	79.9	20
2	220	5.1	78	40	4.7	80	40
3	220	4.6	80	60	4.3	80.1	60
4	220	4.3	85	80	4.1	80.1	80
5	220	4.2	90	85	4.1	80.2	85

升高,产气量逐渐达到额定值并超过额定值,用户不能根据工作需要调整产气量的大小,同时,由于电解电流不能控制,电解槽通过大电解电流对其寿命造成影响,导致该产品的控制品质以及产气量的稳定性降低。而采用 400 W 恒流开关电源时,电源输出电流不受电解槽负载的影响,电解槽电解液温度变化对设定产气量没有影响,用户可根据使用要求随时调整产生量的大小,而且产生量保持恒定不变,电源输出电流仅为额定输出电流的 80%,提高了电源可靠性。如果电源在额定电流输出工作时,可适合于产气量为 100 L 的电解水氢氧发生器上应用(该电解槽产气量为 100 L 时,计算需电解电流为 79.8 A)。该电解电源比非恒流开关电源产气及时、稳定。而且,实现了产气量的大小可以根据使用需要来调整,操作更加方便。同时,电源体积减少、质量减轻,提高了产品的可靠性和品质。

4 结 论

1) 选用 Vicor 模块设计的 400 W 恒流开关电源,满足便携式电解水氢氧发生器的应用要求,具有电路设计简洁,整机调整,维修简单、方便。

2) 选用 Vicor 模块设计的 400 W 恒流电源,外围元器件少、体积小,质量轻。若使发生器机箱外壳作为电源散热器一部分,将电源模块基板直接贴在机箱内壁散热,可进一步降低电源体积、质量。

5 参考文献

- [1] 毛宗强. 氢能—21 世纪绿色能源[M]. 北京:化学工业出版社,2005:41-48.
- [2] JB 8795—1998. 水电解氢氧发生器[S]. 北京:机械工业部机械标准化研究所,1998.

碳/碳复合材料基体抗氧化改性研究进展

弭群,曹丽云,黄剑锋,王妮娜

(陕西科技大学材料科学与工程学院,陕西西安710021)

摘要 表面涂层技术和基体改性是对碳/碳复合材料进行氧化防护的主要措施。对近年来碳/碳复合材料基体抗氧化改性传统技术方法进行全面总结,主要有碳纤维改性、液相浸渍法、添加剂法、催化杂质的直接脱除或失活、基体置换法。介绍碳/碳复合材料基体抗氧化改性新工艺,提出并设计3种碳/碳复合材料基体抗氧化改性最新工艺。并对碳/碳复合材料基体改性研究的发展趋势进行了展望。

关键词 碳/碳复合材料;抗氧化;基体改性

中图分类号 TB332

文献标识码 A

文章编号 1004-244X(2010)02-0098-05

Research progress in matrix oxidation-resistance modification of carbon/carbon composites

MI Qun, CAO Liyun, HUANG Jianfeng, WANG Nina

(School of Materials Science and Engineering, Shanxi University of Science and Technology, Xi'an 710021, China)

Abstract Many investigations have shown that surface coating technology and matrix modification for carbon/carbon (C/C) composites are the principal methods used for anti-oxidation protection. In this paper, current research on the traditional methods of matrix anti-oxidation modification for C/C composites is summarized, including carbon fiber modification, liquid-phase impregnation, additives, the removal or inactivation of the catalytic impurities and matrix displacement method. New technologies for matrix modification are introduced and three novel strategies are designed for the improvement of the oxidation resistance of C/C composites. And the direction of matrix modification for C/C composites is proposed.

Key words C/C composites; anti-oxidation; matrix modification

碳/碳复合材料具有密度小、高强度、高模量、高热导率、低膨胀系数和耐热冲击等优点,而且这些性能可以在2000℃以上的高温下保持,使其成为高温结构材料的首选材料之一,被广泛应用于航天、航空领域。然而,它的这些优异性能只能在惰性环境中保持。碳/碳复合材料在400℃的有氧环境中就开始发生氧化,氧化质量损失导致材料强度降低,从而限制了其作为高温结构材料的使用^[1-2]。表面涂层技术是目前研究的比较多的方法,并取得了长足进展,制备出的多层梯度涂层可以在1600℃下长时间服役^[3]。但由于碳/碳复合材料的热膨胀系数很小,与涂层之间不可避免的热膨胀系数差异产生的裂纹为氧的扩散提供通道,使得涂层在低温段无法实现对材料的有效保护。而基体改性技术为碳/碳复合材料基体本身在低温段的抗氧化提供了一条有效途径。自碳/碳复合材料被发现并应用

到航天、航空领域以来,在这方面的研究就有很多。作者将近年来国内外学者在该方面的研究进展进行综述,同时提出和设计了两种碳/碳复合材料基体抗氧化改性最新工艺,并在最后对碳/碳复合材料基体抗氧化改性研究的发展趋势进行了展望。

1 基体改性技术概述

基于对碳/碳复合材料氧化机理和规律的认识,国内外学者的大量研究表明,碳/碳复合材料的抗氧化技术总体上可以分为基体改性和表面涂层技术。基体改性区别于表面涂层技术,是一种内部保护的方法,它是在碳源前躯体中引入阻氧成分,使碳/碳复合材料本身具有抗氧化能力。阻氧成分的选择要满足以下要求^[4]: 1)与基体碳有良好的化学相容性;2)具备较低的氧气、湿气渗透能力;3)不能对氧化反应有催化作用;4)不能

收稿日期:2009-10-09;修回日期:2010-01-05

基金项目:国家自然科学基金(50772063);教育部博士点基金(20070708001);教育部“新世纪优秀人才支持计划”基金(NBCT-06-0893);

陕西省自然科学基金(SJ08-ZT05);陕西科技大学研究生创新基金资助

作者简介:弭群,女,硕士研究生;主要研究方向为C/C复合材料基体改性。E-mail: cly408@163.com。

[3] Vicor VI-200/VI-J00 产品应用手册 [DB/OL]. http://www.vicor-china.com/technical_library/technical_documentation/design_center/manuals_and_guides/st_gen_applications_manual/, 2007.

[4] 周志敏,周纪海. 开关电源实用技术设计与应用[M]. 北京:

人民邮电出版社, 2003: 400-405.

[5] SJ/T 31456—1994. 电解制氢氧设备完好要求和检查评定方法[S]. 北京:电子工业部, 1994.

[6] 倪萌, Leung M K H, Sumathy K. 电解水制氢技术进展[J]. 能源环境保护, 2004(5): 5-9.