

基于谐振变换技术的激光器驱动电源设计

袁辰晖, 严东超, 韩建定

(空军工程大学 工程学院, 陕西 西安 710038)

摘 要:近年来,激光器已广泛应用于军事领域,驱动电源是决定激光器整体性能的重要因素。针对大功率机载激光器对驱动电源的要求,采用 RLC 谐振变换技术及全桥拓扑结构,设计出用恒流源驱动的激光器电源,系统采用恒流源、软启动,限流及限压等保护措施,实现对激光器的有效保护,并采用温度控制电路,对激光器进行温度控制,从而使得电源的输出功率稳定。文中同时给出了输入滤波电路、主电源电路、控制电路及保护电路的原理图。最后,通过实验测试证明了文中所设计的电源具有高稳定性和强干扰能力。

关键词:激光器;滤波电路;主电路;控制电路;保护电路

DOI:10.3969/j.issn.1009-3516.2009.06.016

中图分类号: TN243 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-3516(2009)06-0070-04

近年来,各种各样的激光器已广泛应用于工业加工领域,以及医疗领域而在军事领域,激光技术的广泛应用也为武器装备带来了革命性的进展^[1]。激光电源作为产生激光能量的电泵浦源,是激光设备中最重要的技术设备之一,是决定激光器整体性能的重要因素。如何研制出功率大、体积小、重量轻、损耗低、可靠性高、抗干扰性强、稳定性好、静态误差小、动态响应快和功能齐全的激光器电源一直是激光器设计和电源设计的一个前沿方向。

本文针对大功率机载激光器对驱动电源的要求,采用 RLC 谐振变换技术及全桥拓扑结构,设计了一种用恒流源驱动的激光器电源。

1 激光器驱动电源的系统组成及工作原理

1.1 输入滤波电路

机载激光器电源受谐波影响较大,且飞机交流供电系统发出的 115 V/400 Hz 的交流电或 270 V 的直流电不可避免地会产生各种高次谐波。因此为了减小高次谐波对电源性能的影响,必须设计输入滤波电路。

综合考虑机载激光器电源性能和体积等因素,为了可以较好地抑制干扰信号和谐波信号,设计出了如下图 1 所示的输入滤波电路^[2]。该电路由共模电感、共模电容,差模电容等器件组成。

1.2 主电路

机载激光器需要幅值和频率都较高的放电电压,但当开关频率过大时,功率管的开关功耗很大,所以必

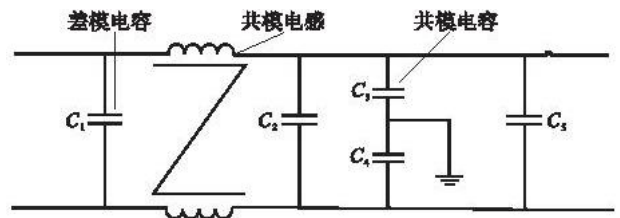


图 1 输入滤波电路

Fig. 1 Importations filter an electric circuit

* 收稿日期:2009-03-11

基金项目:陕西省自然科学基金资助项目(SJ08F05)

作者简介:袁辰晖(1977-),男,陕西西安人,硕士,主要从事电力电子与电力传动研究;

Email:yuanchenhui83131@sina.com

严东超(1960-),男,江苏无锡人,教授,主要从事航空电气工程研究。

须减少开关管的功率损耗和延长开关管的使用寿命。为达到上述目的,采用目前较先进的软开关技术,同时基于这种激光电源的性能要求,考虑采用 RLC 谐振变换技术,可实现软开关的功能^[3]。由于采取全桥拓扑结构,可以在较小的谐振电流情况下产生高的谐振峰值电压,相当于一个高的放电脉冲,因此可以减小升压变压器的变比,从而减小整个电源的体积,实现小型化。

传统 PWM 方式开关电源的开关损耗和开关噪声互为相反的关系,即为了降低开关损耗就要降低开关速度;相反,为了减小开关噪声就要提高开关速度,开关损耗和噪声同时降低较困难。为了解决开关损耗和开关噪声不同步的问题,采用谐振回路或部分谐振回路的设计方法,这样不仅可以提高开关速度,而且也可以抑制开关损耗和噪声的增加。

综上所述,根据机载激光器的性能要求以及为克服上述种种困难^[4],提出采用并联负载谐振变换技术的主电路见图 2。该电路的优点在于:

- 1) 电流不连续时,为零电流开关,开关损耗较小甚至为零,因此容易提高工作频率,EMI 也小,但是功率传输时占空比小,开关管通电流峰值大。
- 2) 电流连续时,不是零电流开关,有开关损耗,但开关电流不大,因此开关损耗也不大。功率传输时间占空比大,容易滤波。
- 3) 具有电压源特性,可实现多路输出。

1.3 控制电路

针对要求设计的激光电源控制电路有 2 部分组成:驱动部分和恒温控制部分。驱动部分又包括恒流驱动、恒功率驱动和脉冲调制驱动,以及多种保护措施。

激光电源是一种高功率密度器件,一定的输入电流对应着一定输出功率,输入电流的变化直接影响输出功率的稳定性,因此一个高稳定度的恒电流源控制电路是保证激光器输出功率稳定的首要条件^[5]。

激光电源的驱动技术有 3 种方式:恒电流驱动、恒功率驱动和脉冲调制驱动。驱动部分由电压基准电路,电压电流转换电路,末级电路,调制输入电路和保护电路组成,见图 3。

1.4 保护电路

由于机载激光器的特殊性能,为了避免在高空高速环境下出现故障,因此必须给电源系统增加保护电路。保护电路包括限流保护电路和软启动电路。在电路设计时,采用在末级电路中串联 P 沟道耗尽型功率 MOSFET 管的方法^[6],把限制电压与从取样电阻反馈回来的比较电压分别加在运放的反相端和同相端,共同控制运放的输出,进而控制功率 MOSFET 的导通程度。

由于激光器对电流十分敏感,需要缓慢地把电流加在激光器两端,这就是通常所说的软启动^[7],电路图见图 4。限流保护电路见图 5。

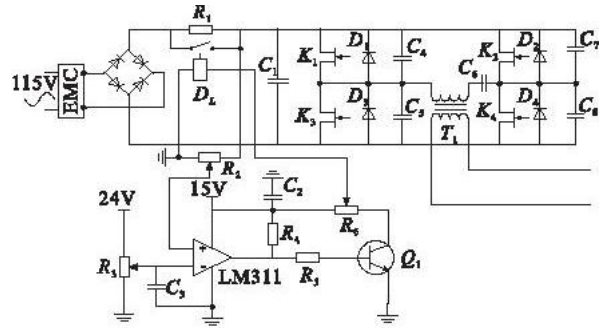


图 2 主电路

Fig. 2 Lord electric circuit

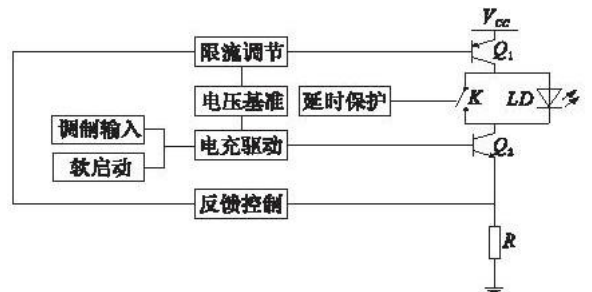


图 3 控制器驱动部分方框图

Fig. 3 Controllers drive part a square frame diagram

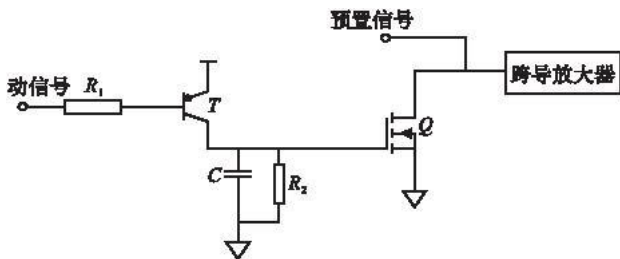


图 4 软启动电路图

Fig. 4 Soft start electric circuit diagram

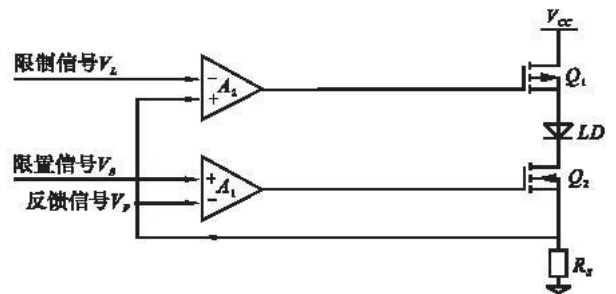


图 5 限流保护电路

Fig. 5 Limits flow a protection electric circuit

1.4.1 过电流保护电路

半导体激光器流过的电流超过一定的限度是激光器损坏的一个原因^[8]。当电流大于最大允许通过的额定电流时,电路会作过电流处理,向下一级电路发出信号。过电流保护电路的电路图如图 6 所示。

1.4.2 温度控制保护电路

温度对激光器的工作特性有非常大的影响,因此必须采取合理的制冷措施和控制以维持激光器在恒定温度下工作,这是保证激光器工作的稳定性和可靠性的最好措施。

图 7 是温度控制模块原理框图。其原理是温度的变化经温度传感器转变为电信号,然后将其与设定的温度进行比较,偏差信号经过控制调节电路处理后驱动制冷器工作,使温度稳定在设定温度附近。其中温度传感器是模块中的热敏电阻,用来测量激光器的温度,其灵敏度高^[9]。执行元件是模块中的 TEC,它是

利用帕尔帖效应的半导体制冷器件,体积小、结构简单易控制。工作时,一端制冷,另一端制热,所以可通过改变电流方向变换制冷或制热。采用 PI 的控制技术作为核心,以减少静态误差、提高控制精度。为了防止积分饱和,采用积分分离的思想对积分项加以处理^[10]。具体方法为:当设定值与测量值的偏差大于某一通过实验确定的规定阈值(或称积分界限)时,取消积分项的作用,只有比例项起作用;只有当偏差小于该规定的阈值时,才加入积分项的作用。为了保护 TEC,防止因其电流过大而损坏,还增加了限幅电路。

2 实验结果

将所设计的机载激光器电源通过实验进行性能测试,得到电源工作时谐振电感的电流波形,见图 8。其中,曲线 1)、2)分别给出了参考电压分别为 20 V 和 120 V 时的波形图。

从图 8 中可以看出,电源处于断续工作方式,开关管为零电流开通,零电压零电流关断,反并二极管为自然开通和关断。不难看出,开关管开通和关断时没有明显的纹波和尖峰脉冲,从而使开关损耗大大降低,也消除了谐波的影响,体现了本方法所设计电源的高稳定性和强干扰能力。

3 结束语

本文基于机载电源设计了机载激光器的电源驱动电路,鉴于机载激光器对电源系统的特殊要求,特别是对功率和温度的要求,提出了保护电路和控制电路。目前,机载激光器仍处在探索阶段,本文的研究无疑将具有一定的理论和实际意义。

参考文献:

- [1] 单振国,干福熹. 激光之魅力[M]. 北京:科学出版社,2000.
SHAN Zhenguo, GAN Fuxi. The Charm of Laser [M]. Beijing: Science Press, 2000. (in Chinese)
- [2] 孙 岩. 高压激光电源的研制[M]. 北京:航天自动控制研究所,2002.
SUN Yan. Research and Production of High Voltage Laser Power [M]. Beijing: Aerospace Automatic Control Institute, 2002.

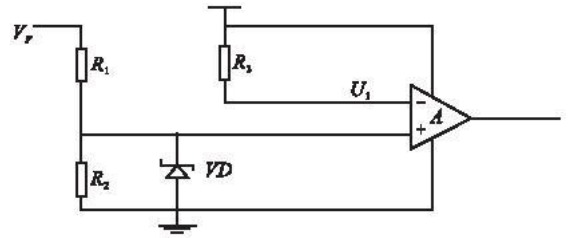


图 6 过电流保护电路

Fig. 6 Over current protection electric circuit

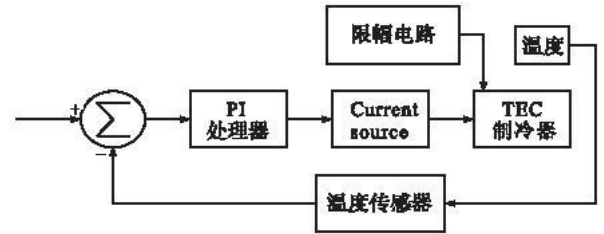


图 7 温度控制模块原理框图

Fig. 7 Principle frame diagram of the temperature control system

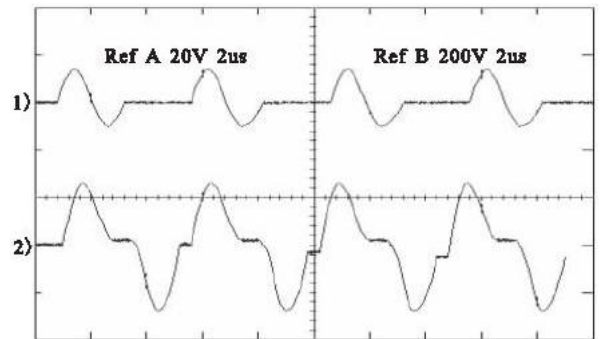


图 8 电源 200 kHz 工作时的谐振电感的电流

Fig. 8 Current of syntonc inductance in 200 kHz

(in Chinese)

- [3] 刘胜利. 现代高频开关电源实用技术[M]. 北京:电子工业出版社,2004.
LIU Shengli. Technique of Modern High Frequency Switch Power[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry,2004.
(in Chinese)
- [4] 王 聪. 软开关功率变换器及其应用[M]. 北京:科学出版社,2000.
WANG Cong. Soft Switching Power Converter and Application[M]. Beijing: Science Press,2000. (in Chinese)
- [5] 邓 军,单江东,张 娜,等. 大功率半导体激光器驱动器的研究与设计[J]. 半导体光电,2003,24(5):319-320.
DENG Jun, SHAN Jiangdong, ZHANG Na, et al. Research and Design of High Power Laser Diode Driver[J]. Semiconductor Optoelectronics, 2003, 24(5):319-320. (in Chinese)
- [6] Alberto Castellazzi, York C Gerstenmaier, Rainer Kraus, et al. Reliability Analysis and Modeling of Power MOSFETs in the 42V - power Net[J]. IEEE Transactions on Power Electronics,2006,21(3),603-612.
- [7] 金银花,许文海,杨明伟,等. 改善半导体激光器驱动电源性能的研究[J]. 光电子技术,2005,25(1):44-47.
JIN Yinhua, XU Wenhai, YANG Mingwei, et al. Research on Improving Semiconductor Drive Power[J]. Optoelectronics,2005, 25(1):44-47. (in Chinese)
- [8] 黄德修,刘雪峰. 半导体激光器及其应用[M]. 北京:国防工业出版社,1999.
HUANG Dexiu, LIU Xuefeng. Semiconductor Laser and Its Application [M]. Beijing: National Defense Press,1999. (in Chinese)
- [9] 刘奎学,尹 裕,解 澎. 高精度电流、温度控制器在半导体激光器中的应用[J]. 电子工业专用设备,2002,31(3):167-170.
LIU Kuixue, YIN Yu, XIE Peng. The Application of High - precise Current and Temperature Controller in Semiconductor Laser [J]. Equipment for Electronic Products Manufacturing, 2002, 31(3):167-170. (in Chinese)
- [10] 赵毅强,孙 权,郑 炜. 半导体激光器温度控制模块的设计[J]. 传感技术学报,2006,19(4):1009-1011.
ZHAO Yiqiang, SUN Quan, ZHENG Wei, Semiconductor Laser Temperature Control Module Design[J]. Journal of Sensor Technology,2006,19(4):1009-1011. (in Chinese)

(编辑:徐楠楠)

The Design of the Laser Drive Power Supply Based on the Quasi - resonant Converter Technique

YUAN Chen - hui, YAN Dong - chao, HAN Jian - ding

(Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an 710038, China)

Abstract: In recent years, laser machine has been widely applied in the military realm. However, the driving power supply is the most important factor that limits the whole performance of the laser machine. According to the request of the great power laser to the drive supply, a new design based on constant current power source is proposed, which includes a RLC quasi - resonant converter technique and a topologic structure of the whole bridge. To achieve the effective protection of laser, a constant current source driver, soft start - up, limit flow and limit electric voltage implement are taken. And, the electric circuit of temperature control is adopted to control the temperature of the laser, which can ensure the stability of output power. In addition, principle figures of the filter circuit, main power supply circuit and protection circuit are included. Finally, the high stability and the strong interference ability of the newly designed power supply are verified through experiments.

Key word: laser; filter electric circuit; main electric circuit; control electric circuit; protection electric circuit