

采用整流型恒压变压器的 He-Ne 激光稳流电源

Abstract: A passive current-stabilized power supply as pump source of a 440mm long He-Ne laser tube is described. Better current fluctuation of 0.05% was obtained by means of rectifier type constant voltage transformer and compensation for constant current transistor controller when transmission line power voltage varies within 180~250 V and current of laser tube stabilized within 6~10 mA.

问题的提出

在许多气体激光稳流电源中^[1], 采用将稳流控制器与气体激光管串联的被动稳流方式。这种方式与采用将取样电阻和气体激光管串联的主动稳流方式相比, 具有电路简单、调整方便、输出电容小、工作可靠等优点。但由于对稳流控制器的耐压要求高, 因而限制了它的应用。

为了减小稳流控制器上电压的变化, 扩展可工作的电网电压范围、提高稳流精度, 一个简单而又有效的方法是采用整流型恒压变压器。其工作原理及结构设计在一些文献^[2, 3]中已有介绍, 本文不再赘述。它较之磁饱和稳压器具有磁化电流小, 饱和程度浅, 发热少, 效率高等优点。一般在额定负载下, 相对于电网电压 $\pm 10\%$ 的变化, 经全波二倍压整流后输出电压的变化 $\leq 1\%$

本电源所用整流型恒压变压器参数设计在 $U_2=1400$ 伏, $U_0=2800$ 伏, $I_0=8 \pm 2$ 毫安。由上海嘉定一中电子工厂制做。实测恒压性能: 当电网电压在 180~250 伏变化, 电流在 6~9.4 毫安调节, 输出电压 U_0 变化 $-0.85 \sim +1.0\%$ 。经相应的镇流电阻用它来激励 HNJ-440 激光管, 电流稳定性为 $-4.4 \sim +4.9\%$ 。如采用普通的变压器, 激光管是很难工作的。

稳流性能的提高

采用稳流控制器可进一步提高稳流精度。构成稳流控制器的晶体管首先必需具有足够的耐压。假定采用整流型恒压变压器之后, 因电网电压变化所造成的直流输出电压的变化为 $\pm 2\%$, 则晶体管集电极-发射极之间电压的变化为

$$\begin{aligned} \Delta U_{\text{控制}} &= 2800 \times (\pm 2\%) \pm 2 \times 10^{-3} \times 50 \times 10^3 \\ &= \pm 156 \text{ 伏} \end{aligned}$$

假定电网电压为 220 伏时 $U_{\text{控制}} = 256$ 伏, 则

$$U_{\text{控制 max}} = 412 \text{ 伏}, U_{\text{控制 min}} = 100 \text{ 伏}$$

由此选择高反压晶体管 DF104D, 其 $BV_{\text{ceo}} \geq 800$ 伏。

晶体管稳流控制器的性能由它的集电极动态电阻 R_D 来决定, $R_D = \frac{du_{\text{ce}}}{di_c} / I_0 = \text{恒定}$ 。文献[4]用共发射极 h 参数给出了 $R > 1$ 千欧时晶体管稳流控制器动态电阻的近似表达式

$$R_D \approx \frac{1+h_{21}}{h_{22}}$$

该式表明: 要获得高的集电极动态电阻, 应选择在工作电流(即激光管放电电流)区域具有高的正向电流传输比 h_{21} 和低输出导纳 h_{22} 的晶体管。对于 DF104D, R_D 在 1~3 兆欧左右。这时可获得 $-0.171 \sim +0.176\%$ 的电流稳定性, 纹波成分约为 0.5%。

在图 1 所示电路中, 晶体管集电极-基极反向漏电流 I_{cbo} 在很大程度上影响着稳流控制器的稳流性能^[5]。因为 I_{cbo} 不流经发射极电阻 R , 而经基

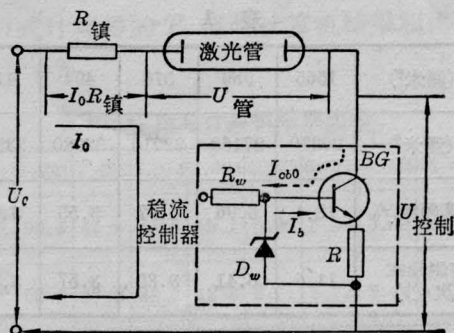


图 1 被动稳流器原理电路

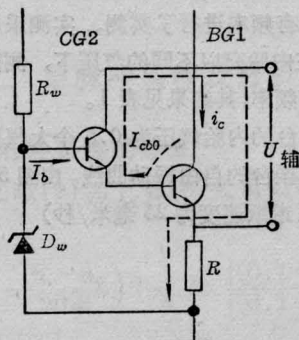


图 2 带有 I_{cbo} 补偿的稳流控制器

带与不带 I_{cbo} 补偿的稳流性能比较表

电 流		电 网 电 压 (伏)								
		170	180	190	200	210	220	230	240	250
		稳定度 [%]								
$I_0=6$ 毫安	无补偿	+0.033	+0.016	0.000	-0.008	-0.008	0	+0.025	+0.088	+0.176
	有补偿	0.000	0.000	0.000	+0.000	+0.008	0	+0.008	+0.016	+0.025
$I_0=7$ 毫安	无补偿	-0.077	-0.028	-0.021	-0.014	-0.014	0	+0.021	+0.056	+0.135
	有补偿	-0.077	0.000	+0.007	+0.007	+0.014	0	-0.007	-0.007	+0.014
$I_0=8$ 毫安	无补偿	-0.167	-0.066	-0.036	-0.031	-0.018	0	+0.012	+0.042	+0.072
	有补偿	-0.063	-0.043	-0.024	-0.018	-0.006	0	+0.012	+0.018	+0.018
$I_0=9$ 毫安	无补偿	-0.273	-0.128	-0.055	-0.033	-0.011	0	+0.017	+0.044	+0.072
	有补偿	-0.055	-0.044	-0.028	-0.016	0.000	0	+0.011	+0.016	+0.078
$I_0=10$ 毫安	无补偿	-0.321	-0.171	-0.075	-0.040	-0.020	0	+0.020	+0.060	+0.095
	有补偿	-0.08	-0.045	-0.025	-0.020	0.000	0	+0.015	+0.025	+0.050

准电压源旁路，所以不能在发射极电阻 R 上得到反馈补偿。为此，增加了一只晶体管及其辅助电源构成图 2 所示的电路。这样一来， I_{cbo} 便经 $BG2$ 和 $U_{辅}$ 引向 $BG1$ 的发射极，在 R 上得到反馈补偿。这时可将电流稳定性提高到 $-0.045 \sim +0.050\%$ 。带与不带 I_{cbo} 补偿的稳流性能均示于表中。

所研制的稳流电源电路示于图 3。为了减少整流型恒压变压器绕组数目及其相应的整流滤波电路，基准电压直接从二倍压整流电路的滤波电容器 C_1 经三只串联的 240 千欧 2 瓦电阻在稳压管 $2CW5$ 上获得，其数值为 $E_w=12.755$ 伏，稳定度优于 0.01% 。在此，基准电压源不宜采用标准稳压管 $2DW7C$ ，补偿晶体管 $BG2$ 不宜采用耐压低的 $3DG6C$ 等晶体管，因为它们在激光管起辉放电瞬间容易损坏。 $BG1$ 装在面积为 160 厘米² 的铝散热器上。实验证明： $U_{辅} \geq 6$ 伏即可，电流为几个毫安。

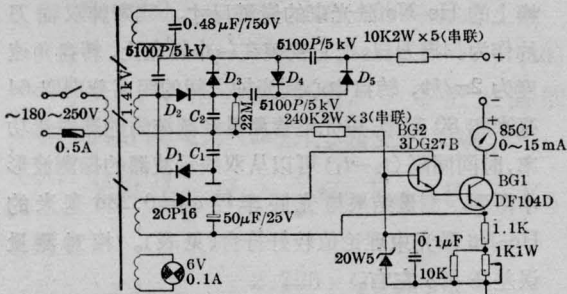


图 3 采用整流型恒压变压器的稳流电源电路

结论

采用整流型恒压变压器，大大降低了稳流控制

器上的电压波动，降低了对晶体管耐压的要求，改善了电流的稳定性。通过对晶体管的 I_{cbo} 采取补偿措施，当电网电压在 180~250 伏变化、激光管电流在 6~10 毫安调节时，获得了优于 0.05% 的稳流精度。表中在低电流下，电网电压变化时出现的异常现象，可能是整流型恒压变压器的铁磁谐振特性和稳流控制器的温度特性造成的。采用集成运算放大器来补偿 I_{cbo} 的影响可提高温度稳定性。

采用整流型恒压变压器和被动式稳流控制器，还可以制成 CO 、 CO_2 及其它辉光放电连续气体激光器电源。在这种电源中，通过控制放电电流，可以很方便地实现激光输出的内调制或功率稳定。

参 考 文 献

- [1] Spectra-physics Model 120 Helium-Neon Gas Laser with Model 256 Power Supply Instruction Manual.
- [2] 守本佑作；《直流安定化电源の基础知识》，东京，才一社，1978，p. 77~80.
- [3] 郭子海，《黑龙江电子技术》，1979，No.4，35~40.
- [4] Michael J. Posakony; Rev. Sci. Instrum., 1972, 43, No.2, 270~273.
- [5] 《Источники электропитания со специальными характеристиками》，Киев，Наука Думка，1979，83~88.

(中国科学院上海光机所 王世贵

1980 年 7 月 14 日收稿)