

WLJ—A500型晶体管直流稳流电源的研制

史文科 陈 兴

摘 要

本文介绍了500瓦超高压短弧氙灯电源的电路设计。阐述了采用大功率晶体管为调整元件的控制与调整原理。文中还介绍了保护电路及工作原理。

一、前 言

超高压短弧氙灯电源是太阳模拟器的主要组成部分之一。随着太阳模拟器的深入研究和进展,氙灯电源也不断更新和改进。晶体管直流稳流电源用做氙灯电源中还是首次。本文概述此电源的电路设计和一些线路的工作原理。

目前,氙灯电源的调整元件主要有三种:磁饱和电抗器;可控硅和大功率晶体管。本文介绍采用大功率晶体管为调整元件的稳定电流型氙灯电源。该电源具有输出电流稳定精度高、控制简单、性能可靠和使用方便等优点。但是,目前由于受大功率晶体管的 P_{cm} 和 I_{cm} 等几项参数的限制,晶体管为调整元件只适用于中、小功率的稳流电源。该电源不仅适用于氙灯供电,也适用于功率相同的气体放电灯、弧光灯、钨丝灯等。

二、电 路 设 计

主要技术性能为:

空载直流电压: 34伏;

输出直流电流: ≤ 25 安培;

输出电流纹波系数: 2% ($p-p$);

输出电流稳定度: 0.05% (负载为纯电阻; 输入电压变化 $\pm 10\%$; 负载变化 $\pm 15\%$)

光辐照稳定度: $\pm 1\%$ (负载为氙灯)

图一为电路原理方框图。

考虑到500瓦超高压氙灯工作电压和工作电流较低,可以用功率晶体管作为电流调整元件。所以,选用晶体管3DF20为调整管。由于太阳模拟器的两项技术指标——光辐照稳定度及输出电流纹波主要取决于氙灯供电电源,因此设计时要把保证实现以上指标做为重点。电路设计要点如下:

1. 为了满足 $W = I_L U_L = 500$ 瓦, (I_L 为负载电流, U_L 为负载电压, W 为直流输出功率), 选用四支大功率晶体管3DF20并联, 完成输出电流的调整。鉴于调整管与负载串联, 即负载电流全部流过集射结, 这就要求调整管有较大的基流, 单靠比较放大器 A_2 提供基流

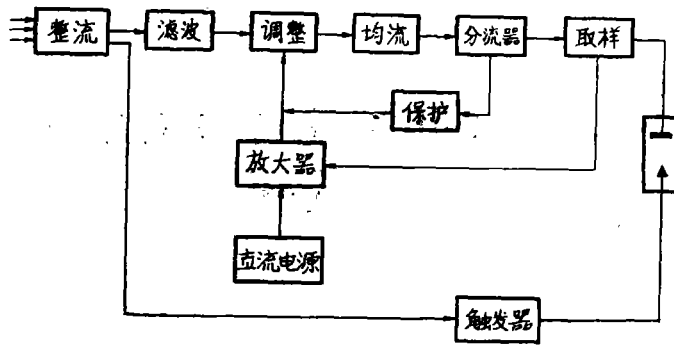


图1 电路原理方框图

是远不够用的，所以用二只晶体三极管组成复合推动级，给调整管提供基流。从而使比较器 A_2 输出的电流就可以很容易的控制调整管的电流传导状态，达到使输出电流稳定的目的。为了保证输出电流的稳定精度，要求推动级晶体三极管和调整管的 β 值乘积要足够大。（ β 为晶体管的电流放大系数）。

2. 基准电压信号、电流取样信号、比较放大三部分是保证电源输出电流稳定精度的核心，所以在电路设计时重点考虑。本机用的直流稳压源是集成稳压器。它输出的直流电压，经过除二后，得到正12伏和负12伏直流电压，为放大器 A_2 及 A_3 提供工作电源。将负12伏电压再经带有温度补偿的标准稳压管 $2DW7C$ 稳压，做为基准电压信号，其稳定精度可达 2×10^{-6} 。

取样电阻与负载串联，其两端压降为电流取样信号，信号值相对放大器“地点”为负，其绝对值与负载电流变化成正比，它直接反映出了负载电流的上升或下降。当负载一定时，取样信号绝对值大比小好，这样可以使负载电流的微小变化明显地反映出来，提高输出电流的稳定精度。例如：当负载电流为25安培时，取样信号值取150毫伏，只要负载电流有千分之一变化时，取样信号将变化0.15毫伏；取样信号值只取50毫伏时，同样的变化，取样信号值只变化0.05毫伏。虽然取样信号愈大愈好，但它受取样电阻上的无功损耗的限制。另外，考虑到取样电阻本身受温度影响引起信号的变化，故采用锰铜带自绕取样电阻。

比较放大器的作用是将基准电压信号和取样信号进行比较放大，直接为推动级提供基流。设计时，将取样信号值大小同比较放大器闭环增益综合考虑。在保证输出电流稳定精度的前提下，适当提高放大器的闭环增益，降低取样信号电压值，这样就减小了取样电阻上的无功损耗。

3. 输出电流纹波，不但影响太阳电池等元件的检测，也影响氙灯的寿命，所以电流纹波是一项不可忽视的指标，因此也是氙灯供电电源制做中重点考虑的指标。根据整流原理可知，三相桥式整流输出电流纹波远小于单相桥式整流输出电流纹波，所以设计时采用三相供电。另外，由于输出电流较大，采用电感滤波，使之达到了设计指标。

4. 该电源属于串联型负反馈稳流电源，负载电流全部流过调整管集射结，即 $I_L = I_c$ （ I_c 为发射极电流）。为了防止过电流损坏调整元件和氙灯，或输出短路烧坏调整管，电路中设置了保护电路。常用的保护电路有限流型、减流型和截止型。根据本电路的具体特点，设计了一种截止型保护电路。

三、二种电路的工作原理

1. 控制与调整

图(二)为控制电路图,主要是由基准电压源和比较放大器 A_2 组成。 U_1 为基准信号, U_2 为电流取样信号,皆为负值。 $R_3 = R_4$, $R_5 = R_6$, $U_0 = R_6(U_2 - U_1)/R_3$ 。当空载时, $I_L = 0$,取样信号 U_2 亦等于零,所以 $U_0 = R_6 \cdot U_1/R_3$ 。因为 U_1 为负值,放大器 A_2 输出 U_0 为正电压,此时电源输出电压为空载输出电压值。正常工作时, U_1 绝对值始终保持大于 U_2 绝对值, U_0 亦保持为正值,为复合推动级提供基流 I_{b1} ,控制调整管的电流传导状态。下面以负载电流 I_L 上升为例,简要说明控制与调整原理:

由于某种原因引起 I_L 上升时,电流取样信号 U_2 的绝对值也随之上升,而基准电压信号保持不变,所以放大器 A_2 的输入信号 $|\Delta U|$ ($\Delta U = U_2 - U_1$)下降, A_2 的输出电压 U_0 也下降,推动级基流 I_{b1} 也下降,从而迫使 I_L 下降至正常工作时的 I_L 值为止。以上这个控制与调整过程可以用下式表示:

$$I_L \uparrow \rightarrow |U_2| \uparrow \rightarrow |\Delta U| \downarrow \rightarrow I_{b1} \downarrow \rightarrow I_L \downarrow$$

2. 过载与短路保护

保护电路原理见图(三),集成运算放大器 A_3 接成电压比较器,基准信号 U_3 和保护取样

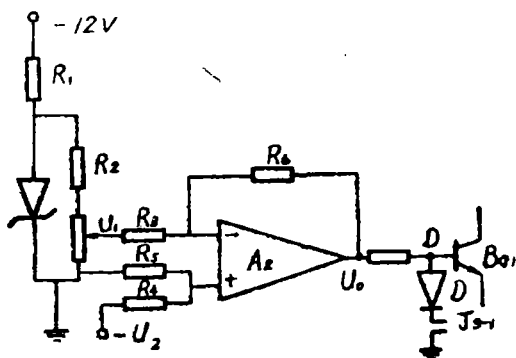


图2

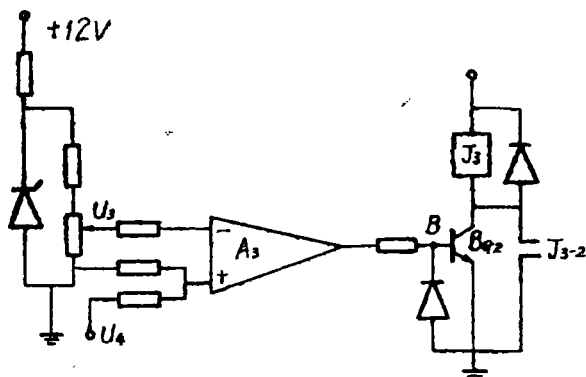


图3

信号 U_4 均为正值,正常工作时, U_3 保持大于 U_4 , B 点为低电位, BG_2 处于截止状态,继电器 J_3 不吸合。当输出过载或短路时,串联在输出回路里的分流器 FL 的两端压降 U_4 增加,一旦超过规定值,比较器 A_3 翻转, B 点由低电位跃为高电位, BG_2 由截止转为导通,继电器 J_3 吸合, J_{3-1} 触点由常开转为常闭,二极管 D_1 导通(见图二), D 点电位被箝位于0.7伏左右,因而使调整管处于截止状态,此时直流输出电压、电流全部为零。达到了保护调整管和氙灯的目的。

四、结 论

WLJ—500型晶体管直流稳流电源,经过实际应用和对几项主要指标的测试,整机性能良好,完全达到了设计要求。其中光辐照稳定度好于原设计指标,可以达到正负百分之一以内。

由于调整管采用多只并联,尽管采用了均流电阻,但由于功率晶体管各项参数不能完全一致,难免出现每支调整管的电流在一定范围内的不均现象。所以,最好采取自动均流,以克服上述不足之处。