

# 恒流保护

山东工学院 孙茂林

高频发讯机中的大功率晶体管及逆变电源中的可控硅，很易烧坏，分析其主要原因，一种是长时间过电流而热损坏，一种是过电压引起二次击穿造成短时过电流而损坏。过电流总是一个最重要的原因，为了防止功率管及可控硅的损坏，增设了反应负载电流的触发器控制的过电流保护（现在的过流保护都是这种形式），经它给装置供电，采用后情况有所改善，但有时仍出现损坏功率管及可控硅的现象，这是什么原因呢？就是因为这种保护有其固有的缺点：一是内阻很小（未动作时），二是有一个动作时间，当变压器短路或逆变器换流失败时，电流是急剧增大的，电源容量愈大，内阻愈小电流增加愈快，几乎是突变的，当电流超过触发器起动作值时触发器开始动作，经过一段时间保护切断电流，尽管这个时间是毫秒级的，但由于电流增加速率极快，在保护切断电流时，通过功率管（或可控硅）的电流有可能大大超过触发器的起动作电流值，有可能大大超过功率管（或可控硅）的允许电流，使功率管（或可控硅）产生二次击穿部分受伤甚至完全损坏。

为了克服上述过流保护的缺点，设计了一种新型的保护电路——恒流保护。它的特点是在保护动作时间内，装置工作在恒流状态，有效地将电流限制在某一恒定值，此值可靠地小于功率管的允许电流，因而它的可靠性很高，不论出现什么不正常的过电流状态，如负载短路，两可控硅同时导通，甚至在输出变压器一次侧直接短路这种最严重的情况下，也可确保不出现短时过电流的现象，功率管不会受伤更不会损坏。它还具有故障不消失自保持，故障消失自动复归的特点，电路也很简单。在作逆变电源的保护电路时，当可控硅第一次换流失败保护切断电流两可控硅关断后，它还可自动地给出第二次第三次电源，可大大提高换流成功率。

现将恒流原理，恒流保护典型电路及调试要点分述如下：

（一）恒流原理：

1）三极管的恒流特性：

图1为三极管的输出特性曲线，从图1可以看出三极管在线性放大区，它的集电极电流 $I_c$ 主要地取决于它的基极电流 $i_b$ ，若给它一个恒定的基极电流 $i_b$ ，它的集电极电流就基本恒定，随 $V_{ce}$ 的增大略有增大。利用三极管的恒流特性可组成一个简单的恒流源如图2所示。

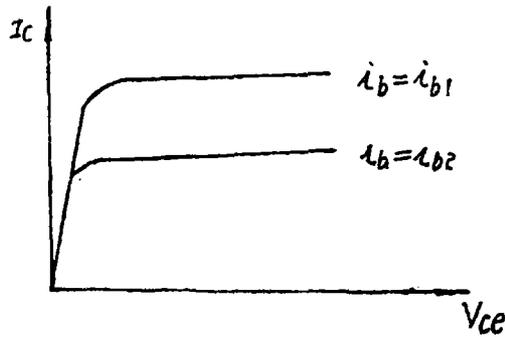


图 1

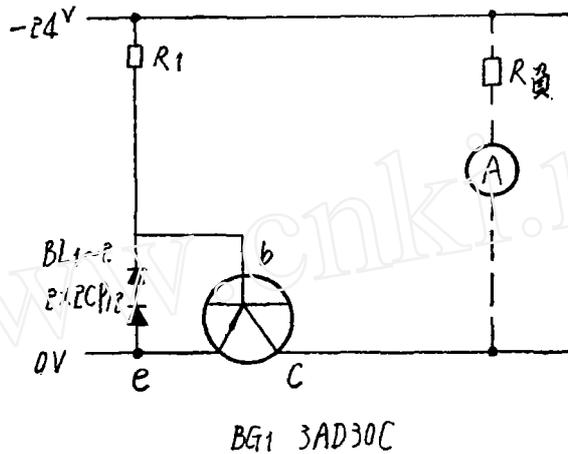


图 2

在图 2 中用两个串联的 2cp12 的正向管压降稳定 BG 1 的基极电位，使 BG 1 的基极电流基本维持恒定，用  $R_{负}$  模拟负载电阻，用电流表测量输出电流。实验告诉我们，在  $R_{负}$  较大时，BG 1 工作在全导通状态，输出电流为 BG 1 的集电极电流，它随负载而变，减小  $R_{负}$  到某一值 BG 1 进入线性放大状态，BG 1 的  $I_c$  变化缓慢，直到  $R_{负} = 0$   $I_c$  增大也不很多。这就是说图 2 的电路在负载较小时虽不能恒流，但电流变化不大，为了得到较好的恒流特性，还需要采取措施

## 2、用负反馈改善恒流特性：

图 3 是一个恒流效果很好的电路图，它的恒流值在 1 安左右。它比图 2 的电路只多了一个负反馈电阻  $R_2$ ，但恒流效果却大大改善。当  $R_{负}$  较小时 BG 1 进入线性放大区，再减小  $R_{负}$  时若  $i_c \uparrow$  则  $i_c$  在  $R_2$  上的电压  $i_c R_2 \uparrow$  由于  $V_{ba}$  不变约为 2.1 伏（3 个 2cp12 的正向电压）故  $U_{be} \downarrow \rightarrow i_b \downarrow \rightarrow i_c \downarrow$ ，由于  $R_2$  的电流负反馈作用可以使  $i_c$  恒定不变， $R_2$  愈大负反馈愈强，恒流效果愈好但正常时压降大，功耗大。

图 3 的电路简单可靠，恒流效果很好，有时可直接用作保护电路。它的缺点是在负载短路时，BG 1 的  $V_{ce}$  大功耗大。作为保护装置恒流不是目的，而是防止电流急剧增

大的重要手段。在负载短路时要实现经短时恒流再切断电流必须对图 3 的电路进行改进。下面介绍两种恒流保护的典型电路，经实验性能良好。

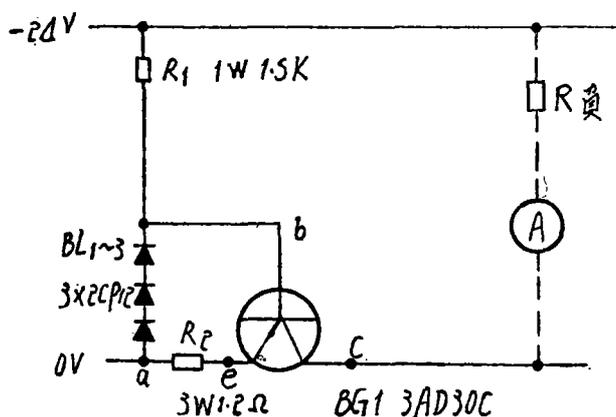


图 3

(二) 恒流保护的典型电路:

1) 发讯机功放级的恒流保护电路:

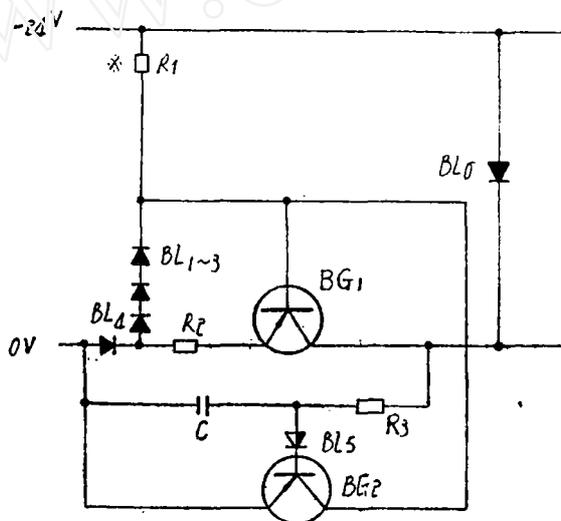


图 4

型号及参数:

BG<sub>1</sub>: 3 AD 3 oc    BG<sub>2</sub>: 3 AK14    BL<sub>1-3</sub>: 2cp12    BL<sub>4</sub>: 2c721E  
 BL<sub>5</sub>: 2cw2    BL<sub>0</sub>: 2cp24    R<sub>1</sub>: 1W1.2KΩ    R<sub>2</sub>: 3W1.2Ω  
 R<sub>3</sub>: 5.1KΩ    C: 0.1μf

图 4 为电源电压 24 伏的发讯机的恒流保护，经它给功放级供电可确保功率管不会过电流而损坏。若负载电流在 0.8 安以下（发讯机的发讯电流小于 0.7 安），BG<sub>1</sub> 工作在

饱和状态，它的管压降小于1伏，正个装置功耗很小，内阻也很小，输出电压在23伏左右，它的输出电流随负载而变。

负载短路时，相当于 $R_{负} = 0$ ， $BG_1$ 立即工作在恒流状态，输出电流为1安， $BG_1$ 的管压降迅速上升，当 $V_{cd}$ 大于 $2c_{w2}$ 的击穿电压时，即 $V_c$ 变为-8伏左右时， $2c_{w2}$ 开始击穿， $BG_2$ 由截止进入线性放大  $i_{b2} \uparrow \rightarrow i_{c2} \uparrow \rightarrow BG_1$ 的基极电流  $i_{b1} \downarrow \rightarrow i_{c1} \downarrow V_{c1}$ 更负  $\rightarrow i_{b2} \uparrow$ ，这一正反馈过程直到 $BG_2$ 全导通 $BG_1$ 因加正偏压而可靠截止。 $BG_2$ 导通时它的管压降约在0.2伏，因而 $BG_1$ 的基极电位为-0.2伏，由于 $BG_1$ 的发射极电位约-0.7伏（ $2CZ12E$ 的管压降）所以 $BG_1$ 的正偏压约0.5伏。在负载短路时，由短路到切断电流的时间小于0.3毫秒，在正个过程中由于 $BG_1$ 工作在恒流及恒流逐渐减小的状态，这就有效地防止了电流的突变，因而可确保功率管的安全。故障不消失相当于负载电阻很小， $BG_2$ 保持可靠导通，从而保持 $BG_1$ 可靠截止。故障消失相当于负载电阻开路， $BG_2$ 无偏流截止， $BG_1$ 获得定偏流而可靠导通，装置正组复归。 $R_3$ 、 $C$ 、 $BL_5$ 及 $BG_2$ 组成一个时间元件，调正 $R_3$ 及 $C$ 可调正切断电流的时间，也起抗干扰作用，它的动作时间不宜太小，应保证在各种干扰情况下不误动。 $BL_6$ 为反向保护二极管防止电源接反烧坏负载。 $BL_6$ 的作用是短路感应电势的，在切断感性负载时，可能产生较大的反电势，使加在 $BG_1$ 上的反压增高，加了 $BL_6$ 后就可消除这一影响。

元件参数如图4所示，其中 $BG_1$ 要求它的 $I_{CM}$ 要大于4倍的恒流值，它的 $BV_{cbo}$ 大于2倍的电源电压， $\beta \geq 50$ ，选3AD3.0c并把它牢牢地固定在 $200 \times 200 \times 4 \text{ mm}^3$ 的散热板上； $BG_2$ 要求它的穿透电流要小， $I_{CM} \geq 2 I_{c2s}$ （ $I_{c2s}$ 为 $BG_2$ 全导通时的集电极电流） $\beta \geq 30$ 。其它元件无特殊要求。

## 2) 220伏逆变电源的恒流保护：

图5为应用于220伏逆变电源的恒流保护原理图，它的恒流值约0.9安，正常工作时，电流在0.7安以下此时它的输出电压约215伏，经它给正个逆变装置供电。

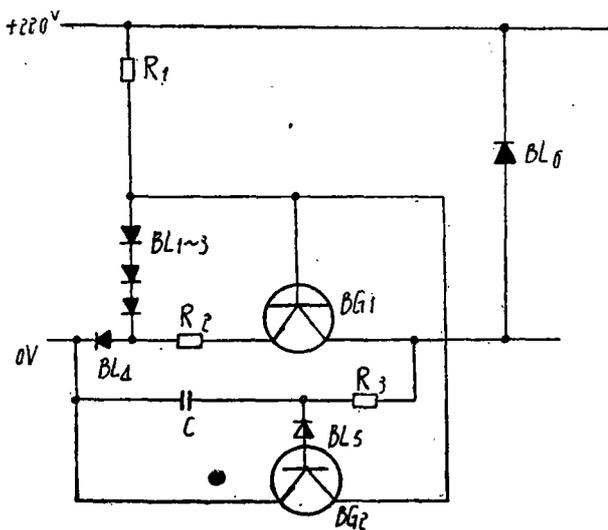


图 5

元件型号及参数：

$BG_1$  : D51G  $BG_2$  : 3 DG 7 C  
 $BL_{1-3}$  : 2cp21  $BL_4$  : 2CZ12F  
 $BL_5$  : 2 CW 3  $BL_6$  : 2 CP26  
 $R_1$  : 10K  $\Omega$  10W  $R_3$  : 33K  
 $R_2$  : 5  $\Omega$  10W  $C$  : 0.1 $\mu$  160V

若两可控硅换流失败，两可控硅同时导通，相当于负载短路，恒流保护动作，先恒流（0.9安）再迅速切断电流，两可控硅非常安全。其动作过程及各元件作用与图4电路相同不再重述。切断电流后BG<sub>2</sub>导通BG<sub>1</sub>有负偏压可靠截止，BG<sub>1</sub>的反向漏电流为I<sub>cbo</sub>很小，BG<sub>2</sub>的基极电流也很小，它们的和也很小，小于可控硅的维持电流，此时可控硅的激发信号也很弱，在两可控硅同时关断时，BG<sub>2</sub>无基极电流而截止BG<sub>1</sub>获得定偏流可靠导通，220伏电压又加在可控硅上进行第二次换流。若第二次换流失败还可给出第三次电压。这样既可以大大提高换流成功率，又可确保可控硅安全。若出现短路BG<sub>2</sub>保持导通BG<sub>1</sub>保持截止，直到短路消失，电路自动复归。

上述电路比反应于负载电流的过流保护有两大优点：1)可靠性高，被保护的元件可确保不会过电流；2)电路简单。

### (三) 调试要点

以图4为例进行说明：

1)正常工作电流时BG<sub>1</sub>应处于饱和状态，若0.8安为最大可能的工作电流，在输出端接上滑线电阻（500Ω 1.5安），及电流表，减小电阻使电流为0.8安，BG<sub>1</sub>的V<sub>ce</sub>应小于0.8伏，若BG<sub>1</sub>的V<sub>ce</sub>较大应减小R<sub>1</sub>直到符合要求为止。

2)恒流调试：继续减小电阻增加电流，BG<sub>1</sub>的V<sub>ce</sub>↑V<sub>ce</sub>从1.5伏~6伏，电流应基本不变，若变化大于0.1安则应加大R<sub>2</sub>。

3)保护动作的观察：继续减小电阻到V<sub>ce</sub>为8~9伏时BG<sub>2</sub>应导通，BG<sub>1</sub>应截止，电流降至零。

4)突然短路实验：找一台慢扫描示波器，经验电笔扞查无漏电现象，将示波器调好，对好Y轴方向的电压标尺，一大格调为0.5伏，再调好X轴方向的时间标尺，一大格调为1毫秒，将R<sub>2</sub>的两端接到Y轴直流输入端，用单刀开关将恒流保护的输出端，突然短路，应出现图6的曲线，测出幅值电压V及脉冲宽度Δt， $\frac{V}{R_2}$ 即为动作过程中的最大电流，Δt即为动作时间。

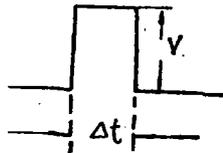


图 6