

DHY 1200型电源变换器驱动电路分析及改进

倪 勇 王 涛 童春辉

(电气工程系)

摘 要 针对 ND₂ 型内燃机车辅助电源 DHY 1200 型电源变换器驱动电路的故障现象, 通过理论分析及实验观测, 指出了产生故障的机理, 并对该驱动电路进行了改进^[1]。

关键词 内燃机车; 辅助电源; 故障分析

分类号 U 260. 4

0 引 言

DHY 1200 型电源变换器是近几年来安装在部分 ND₂ 型内燃机车上的 DC 170 V / DC 24 V 直流电源变换器, 以取代原直流变压旋转机组^[1]。南昌机务段在运用实践中, 发现该变换器破损率较高, 时有影响运输生产的情况发生^[2]。笔者曾对十数台损坏的 DHY 1200 型电源变换器进行了检测和修复, 发现其中有些故障现象值得研究, 本文就该变换器驱动电路的故障现象及产生原因进行理论上的分析、探讨^[3]。

1 DHY1200型电源变换器工作原理

DHY 1200 型电源变换器(下称变换器) 的工作原理是: 将 DC 170 V 直流通过逆变电路变换为高频交变电压, 经变压器降压后, 再经整流电路整流, 输出 DC 24 V^[4]。其主电路及启动电路原理见图 1 所示^[5]。该变换器的技术要求标定, 在输入为 DC 130 V ~ DC 250 V 时保持输出稳定在 DC 24 ± 1 V^[6]。在控制方面, 采用了脉宽调制方式, 另外还设有限流、过压等保护电路^[7]。

2 驱动电路故障现象及理论分析

2.1 驱动电路工作原理

变换器基极驱动电路采用的是电容储能式驱动电路^[8]。其电路如图 2 所示^[9]。该驱动电路的特点是利用电容储能获得反向驱动^[10]。其工作原理为: 当脉冲变压器副边绕组上正下负时, 开关

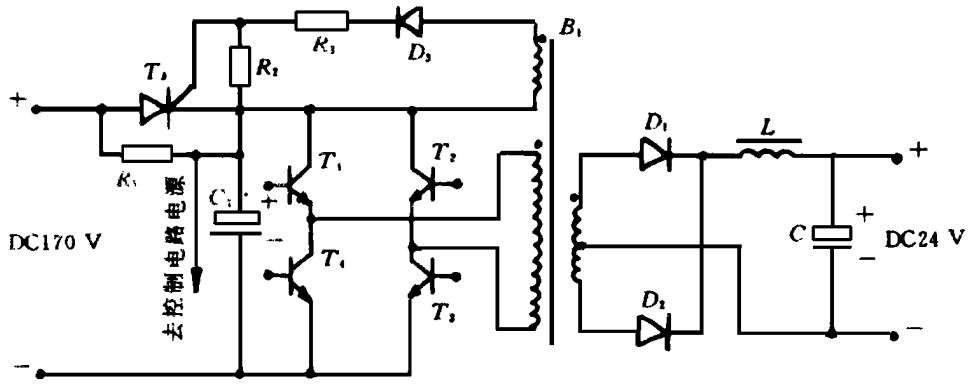


图1 DHY 1200型电源变换器主电路及启动电路原理

晶体管 T_1 获得正向驱动导通饱和, 电阻 R_2 限制 T_1 正向基极电流 I_{B1} , 同时向电容 C_1 充电, 晶体管 BG_1 因其发射结被二极管 D_1 的正向压降置于反偏而截止^[3]当脉冲变压器副边绕组电压过零时, BG_1 因其发射结由电容 C_1 经 R_2 、 R_1 回路获得正向偏置导通且饱和, 储存在电容 C_1 上的电能通过 T_1 发射结和 BG_1 释放, 释放电流为 I_{B2} , T_1 基极剩余载流子被迅速抽出而关断^[3]

2.2 驱动电路故障现象

经过对十数台损坏的变换器检查, 有近半数的变换器驱动电路中的晶体管(BG_1) 损坏^[3]为查明该晶体管损坏的原因, 对驱动电路进行通电实验检测时发现, 当驱动电路输出端悬空, 即断开 T_1 时, BG_1 晶体管发热严重, 用示波器观测表明, 此时的 BG_1 晶体管仍在工作, 电容仍有充放电现象^[3]

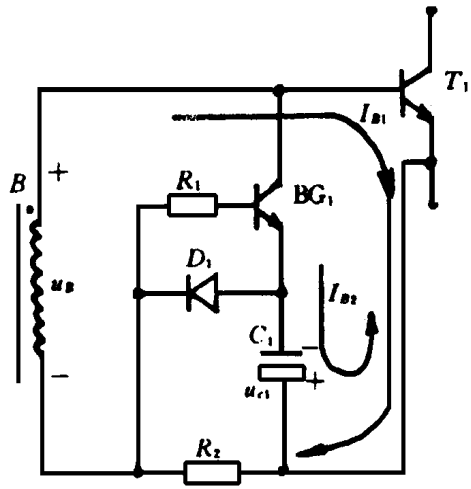


图2 基极驱动电路图

2.3 驱动电路理论分析

为搞清驱动电路输出端悬空时的工作机理, 对驱动电路所作的理论分析如下^[3]

(1) 当脉冲变压器副边绕组输出为反激电压, 即副边绕组电压下正上负时, 电路及有关参数如图3所示^[3]

在脉冲变压器副边绕组电压过零瞬间, 副边绕组电压经 R_2 、 C_1 及 R_1 加到 BG_1 上, 使得 $V_{be} < 0$ 、 $V_{cb} < 0$, 即发射结反偏、集电结正偏, BG_1 处于倒置工作状态^[3]^[13]这时相当于晶体管的集电结与发射结的位置对换, BG_1 处于倒置放大工作状态^[13] α 为正向放大状态的 α 值, α 为倒置放大状态的 α 值 (α 为共基极接法的电流放大系数)^[13]则图3电路可等效为图

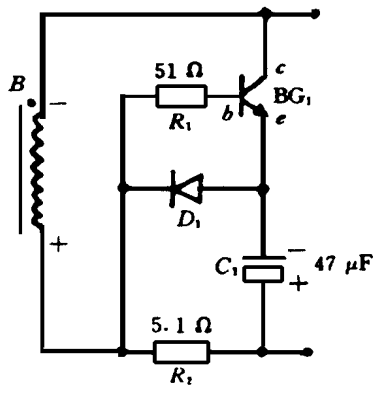


图3 反激电压时的驱动电路

4所示电路^[13]由图4所示电路可导出电容 C_1 的充电电流 i 的计算公式

$$i = \alpha i_{Dc} = \alpha (u_B - U_{Dc}) / (1 - \alpha) R_1 \quad (13)$$

式中 U_{Dc} 为 D_c 二极管导通时的正向压降^[13]晶体管 BG_2 集电极电流 i_c 的计算公式

$$i_c = -i_{Dc} = -(u_B - U_{Dc}) / (1 - \alpha) R_1.$$

但由于晶体管的制造工艺决定了 $\alpha \ll \alpha$, 由倒置状态下形成的充电电流太小, 不足以使电容 C_1 上储存足够的电能, 通过实测, u_B 反激电压尖峰值在 10 V 左右, BG_1 的 c 、 e 极间反向耐压值约为 5.8 V^[13]说明在反激电压尖峰值到来瞬间 BG_1 出现短暂的反向击穿, 而该反向击穿电流即电容充电电流, 其尖峰值可达数百毫安^[13]当反激电压尖峰值消失 BG_1 即处于倒置状态, 尔后截止^[13]由此表明, 电容 C_1 的电能主要得益于 u_B 反激电压尖峰值, 其次才是倒置状态的充电^[13]

值得指出的是, 若开始时, 电容 C_1 上储存的电能为零, 则电容 C_1 的充电并非是在一个 u_B 的反激电压期间内完成的, 而是通过一个相对较长的时间逐步累积而成的^[13]直到该电容电压足以使得 BG_1 发射结在 u_B 正向脉冲期间获得所需正向偏置时, 该电路才进入稳态^[13]

(2) 当脉冲变压器副边绕组输出为脉冲电压, 即副边绕组电压上正下负时, 储存在电容 C_1 上的电能经过 R_2 、 R_1 及 BG_1 发射结泄放, BG_1 的发射结获得正向偏置, 集电极因脉冲电压作用处于反向偏置, BG_1 工作在正向放大状态^[13]由实测表明, 二极管 D_1 始终处于反向截止状态, 其等效电路如图5所示^[13]设电容 C_1 两端的电压为 u_{c1} , 则电容的放电电流 i 的计算公式为

$$i = -i_{De} = -(u_{c1} - U_{De}) / (1 - \alpha) R_1 + R_2 \quad (13)$$

式中 U_{De} 为 D_e 二极管导通时的正向压降^[13] BG_1 集电极电流 i_c 的计算公式为

$$i_c = \alpha i_{De} = \alpha (u_{c1} - U_{De}) / (1 - \alpha) R_1 + R_2 \quad (13)$$

由以上分析可知, 当驱动电路输出端悬空时, 在脉冲变压器副边输出的一个脉冲周期中电容 C_1 的充放电电流和 BG_1 晶体管的集电极电流 i_c 的波形应与 R_2 上的电压波形一致, 图6所示为用示波器观测到的电阻 R_2 上的电压波形及 u_B 的波形^[13]

当驱动电路正常工作时, 在一个脉冲电压的周期中, 电容 C_1 的电压 u_{c1} 、充放电电流 i 和 BG_1 集电极电流 i_c 的波形如图7所示^[13]

比较图6、图7两组波形, 不难看出, 晶体管 BG_1 在上述两种情况下的工作性质发生了变化^[13]当输出端悬空时, BG_1 在一个周期中基本上均处于工作状态, 集电极功耗与正常工作时相比大

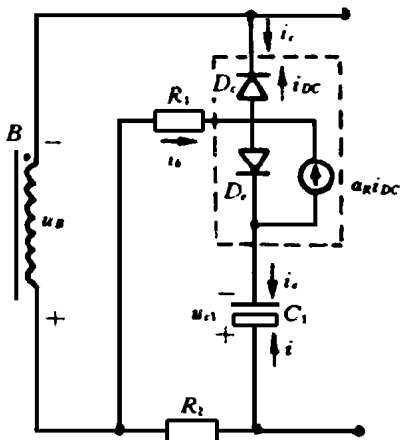


图4 反激电压时的等效电路

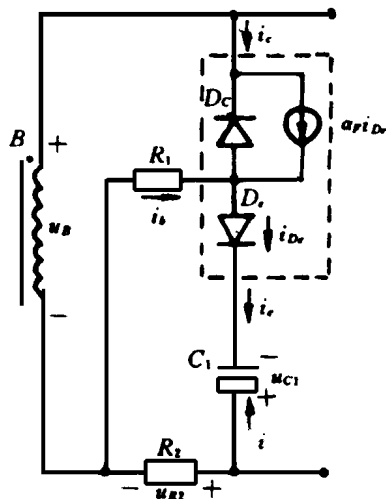


图5 脉冲电压时的等效电路

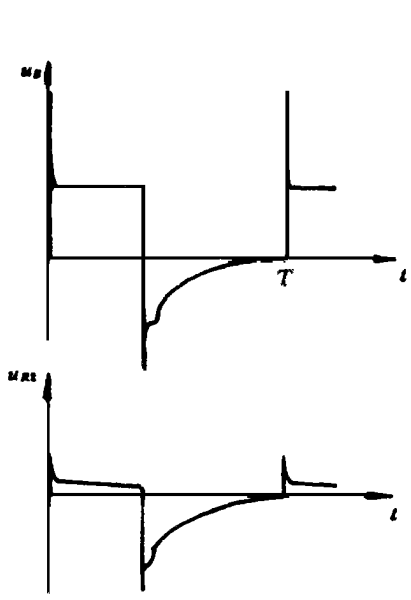


图6 驱动电路输出端悬空时的波形

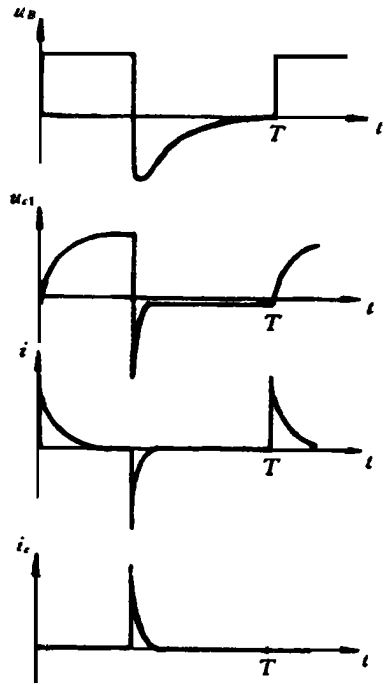


图7 驱动电路正常工作时的波形

大增加, 所以导致发热加剧而使 BG_1 晶体管过热损坏^[13]

经检查, 修复的损坏变换器, 其逆变部分的开关晶体管均成对损坏, 或击穿或炸裂^[13]而变换器控制电路电源取自 DC 170 V 输入(参见图1), 当变换器因逆变部分故障无 DC 24 V 输出时, 控制电路仍可能继续工作, 这样就会出现驱动电路输出悬空时, 即所驱动开关晶体管发射结开路的工作状况¹⁹。

由此表明电容储能式驱动电路除了电容 C_1 的充放电电源依赖于脉冲电压宽度的不足外, 还存在着所驱动晶体管发射结开路时, 晶体管 BG_1 因工作性质改变而导致过热损坏的缺陷^[13]这在应用该电路并选择电路元件参数时应予以注意^[13]

3 驱动电路的改进措施

针对上述分析所得结论, 为防止变换器主电路故障而波及驱动电路出现故障, 提出了以下几种改进措施: (1) 以具有较高的允许功率耗散值的晶体管取代原晶体管; (2) 增加零压保护; (3) 改变电路原结构等^[19]经过比较, 笔者认为, 改变原电路结构简便易行, 且效果良好^[19]具体做法是: 在晶体管 BG_1 的发射极上串联一只二极管 D_2 , 改进后的电路

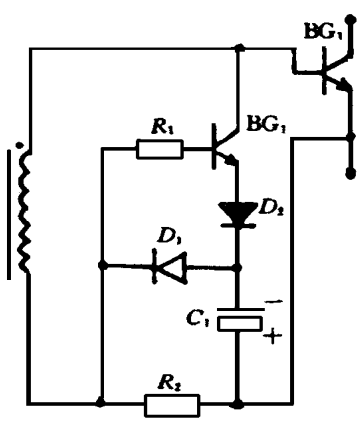


图8 改进后的驱动电路

如图8所示^[13]对改进后的电路进行通电实验观测表明, 当其输出悬空时, 由于电容 C_1 的充电回路被阻断, 并加强了 BG_1 管的反向耐压能力, 晶体管 BG_1 始终处于截止状态; 而接入所驱动开关晶体管 T_1 正常工作时, 原电路工作状态并没有改变, 只是在对 T_1 反向驱动时, 电容 C_1 的放电回路因增加了一个二极管 D_2 的正向压降而使泄放电流峰值略有下降^[13]

为了尽量减小所降幅值, 建议在选取二极管 D_2 时, 尽量选用锗管, 该二极管应为开关二极管, 其动态指标及电流参数应与晶体管 BG_1 相一致^[13]

参 考 文 献

- 1 徐德高, 金刚. 脉宽调制变换器型稳压电路. 北京: 科学出版社, 1983. 270~296
- 2 叶慧贞, 杨兴洲. 开关稳压电源. 北京: 国防工业出版社, 1990. 210~229
- 3 沈尚贤. 电子技术导论: 上册. 北京: 高等教育出版社, 1985. 44~64

The Analysis and Improvement of Drive Circuit in Current Transmitter of DHY1200-Type

Ni Yong Wang Tao Tong Chunhui

(Electrical Engineering Department)

Abstract This passage is aimed at the failure phenomenon of the supplementary power of DHY 1200 drive circuit in current transmitters of ND₂ Type diesel locomotive. Through theoretical analysis and experimental observation, the causes for the power failure are pointed out and some improvement is made on the drive circuit.

Key words: diesel locomotive; supplementary electrical current; failure analysis