

抑制电子束焊机加速高压电源过电压的措施

莫力林

(桂林狮达机电技术工程有限公司, 广西 桂林 541004)

摘要: 分析了电子束焊机加速高压电源过电压的特点, 提出用氧化锌避雷器对过电压进行钳位抑制的措施, 提高了加速高压电源可靠性。

关键词: 电子束焊机 加速高压电源 过电压 氧化锌避雷器

中图分类号: TG439.3; TM862

文献标识码: A

文章编号: 1672-545X(2010)04-0157-02

电子束焊机是一种综合了真空物理、电子技术、电子光学、高电压技术、计算机和控制技术等多种技术的高科技产品。电子束焊机高压加速电源, 用于为电子束提供加速电场, 其性能的好坏, 直接决定着电子束焊接质量。加速高压电源, 是电子束焊机的关键部件之一, 其可靠性对整个设备的可靠性至关重要。而影响加速高压电源可靠性的主要原因, 就是过电压。过电压, 一方面作为一种加速电压干扰波动源, 而影响设备的电子束的品质, 影响焊接质量; 另一方面, 还可能损害加速高压电源, 缩短其使用寿命。因此需要采取有效措施, 抑制加速高压电源过电压的幅值。

1 过电压的产生及特点

电子束焊机加速高压电源的原理如图1所示。由升压变压器 T_1 、高压硅堆整流桥 ZL_1 、高压 π 型滤波电路 (C_1 、 C_2 、 L_1)、高压分压采样电路 (R_1 、 R_2)、束流取样电阻 R_3 等组成。

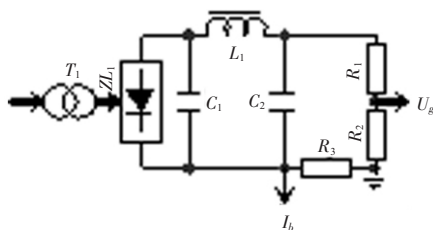


图1 电子束焊机高压电源原理图

引起电子束焊机加速高压电源运行过程产生过电压的因素有:

(1) 高压变压器 T_1 的初级与市电网相连, 如果电网受到雷击, 雷电波将自输入线路入侵加速高压电源装置, 产生过电压, 威胁加速高压电源装置。电子束焊机为室内设备, 受雷击概率很小, 只要在设备电源进线端设置避雷装置, 就能防雷保护设备。

(2) 电子束焊机加速高压电源的结构, 不仅存在感性和容性的元件, 还存在感性和容性的分布参数, 在操作或换流过程产生大的电流变化率 ($\frac{di}{dt}$) 或大的电压变化率 ($\frac{du}{dt}$), 从而产

生瞬时过电压, 或高频谐振现象。这种过电压脉冲较窄, 峰值较高, 概率较大, 但能量较低。

(3) 电子束焊机加速高压电源的滤波电路, 采用 π 型 LC 滤波电路结构, 与常规电源滤波电路的区别在于高压电容值很小, 滤波电路不得不采用小电容值与大电感值相配合方式。电子束焊机在运行中, 如果电子枪放电, 相当于图1中高压输出短路, 电子枪上的高压急剧下降, 电子枪的真空绝缘恢复而截流。此时 L_1 所积聚的能量无法回馈电网, 只能通过 C_2 充电释放能量, C_1 电压旧会升至危险值。电子枪放电引起的过电压, 对电子束焊机加速高压电源威胁是最严重的。下面以 THDW-15 型电子束焊机为例, 作进一步说明。

在 HDW-15 型电子束焊机加速高压电源中, L_1 为 8.5H, C_1 、 C_2 为 0.003 9 μ F, 放电峰值电流 $I_{bk} = 6.7$ A。那么 L_1 积聚的最高能量为

$$W_{L1} = \frac{1}{2} L_1 \cdot I_{bk}^2 = \frac{1}{2} \times 8.5 \times 6.7^2 = 190.8 \quad (1)$$

当 L_1 的能量全部转移到 C_2 上, 此时

$$U_{C2} = \sqrt{\frac{2W_{L1}}{C_2}} = \sqrt{\frac{2 \times 190.8}{0.0039 \times 10^{-6}}} = 312.8 \quad (\text{kV})$$

该电压值已远远超过了额定电压 (75 kV), 必须加以抑制, 出现超高幅值的截止过电压, 是大电感小电容 LC 滤波电路所特有的缺陷。

2 抑制措施

具备抑制瞬时过电压的电子束焊机加速高压电源的原理如图2所示, 包括升压整流单元、高压滤波单元和取样单元。升压整流单元包括升压变压器 T_1 和高压整流硅堆 ZL_1 , 实现电压等级变换及交流、直流变换, 其输出端接高压滤波单元; 高压滤波单元是由电感 L_1 和电容 C_1 、 C_2 组成的无源滤波电路, 使得加速高压电源输出电压波形平直, 其高压输出端接至电子枪的阴极, 电子枪的阳极接地。高压滤波单元的输出端还接有取样单元, 取样单元有加速电压分压取样电阻 R_1 、 R_2 和电子束流取样电阻 R_3 , 取样单元输出加速高压电源工作电压

收稿日期 2010-01-19

基金项目 火炬计划项目 (2009GH040181) 桂林国家高新区科技型中小企业技术创新基金项目 (基 090706)。

作者简介 莫力林 (1962—), 男, 广西桂林人, 高级工程师, 学士学位, 研究方向为电子束加工设备。

取样信号 U_g 和电子束流取样信号 I_b 。本高压加速电源,还包括有整流端氧化锌避雷器 R_{y1} 和输出端氧化锌避雷器 R_{y2} 。整流端氧化锌避雷器 R_{y1} 一端接于升压整流单元的高压输出端。整流端氧化锌避雷器 R_{y1} ,可对升压变压器 T_1 高压输出端的多相过电压同时抑制保护,其起始动作电压为加速高压电源额定电压的 1.5~1.8 倍。输出端氧化锌避雷器 R_{y2} 一端接于高压滤波单元的高压输出端, R_{y2} 为加速高压电源内部瞬时过电压主抑制元件,由于加速电源采用闭环控制,正常工作电压波动范围很小,一般为 1% 以内,此避雷器的起始动作电压,为加速高压电源额定电压的 1.1~1.15 倍,实现过电压高精度抑制保护。

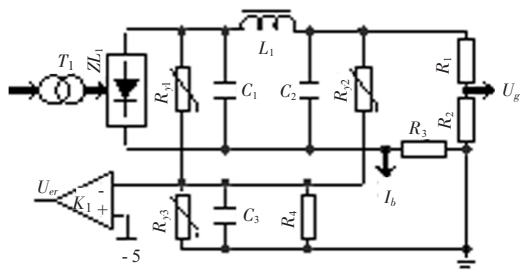


图2 抑制电子束焊机高压电源过电压原理图

两个氧化锌避雷器 R_{y1} 和 R_{y2} 对过电压的抑制,是通过钳位方式,将对设备有危害的过电压经避雷器泄流,过电压能量转化成热量被吸收掉,不同电压保护等级,可用多个低压氧化锌避雷器串联组合,单个氧化锌避雷器选用动作电压为 1 500 V、通流容量为 3 kA,即可满足容量要求。氧化锌避雷器的动作响应速度为纳秒 (ns) 级,几乎可以看成是没有延时的,故有效地抑制瞬时过电压,避免了过电压对加速高压电源的损害。氧化锌避雷器具有较大的寄生电容,有利于在高压加速电源这种直流场合的使用。

二避雷器 R_{y1} 、 R_{y2} 的低压端,接避雷器漏电流取样电路后接地,避雷器泄漏电流取样电路,连接避雷器泄漏电流检测单元 K_1 ,避雷器泄漏电流检测单元输出超压信号 U_{er} ,其输出端与电子束焊机的高压加速电源的供电电源的控制装置相连接。

避雷器泄漏电流取样电路,由并联的压敏电阻 R_{y3} 、泄漏电流取样电阻 R_4 和滤波电容 C_3 组成,泄漏电流取样电阻 R_4 为 10 W / 1 k Ω ,压敏电阻 R_{y3} 的压敏电压为 33 V,通流容量选为 0.5 kA,滤波电容 C_3 选用 0.01 μ F / 100 V 的瓷介电容。

当未达到氧化锌避雷器 R_{y1} 或 R_{y2} 的起始动作电压时, R_{y1} 和 R_{y2} 的泄漏电流仅为微安 (μ A) 级,此时避雷器泄漏电流取样电路输出电压信号近乎为零。当有 R_{y1} 和 R_{y2} 的起始动作电

压的过电压时, R_{y1} 或 R_{y2} 起钳位作用,流过 R_{y1} 或 R_{y2} 的电流大大增加,避雷器泄漏电流检测单元 K_1 得到避雷器泄漏电流取样电路输出的电压信号,与设定值 5 V 进行比较。如果为宽脉冲过电压,避雷器泄漏电流取样电路输出的电压信号将超过 5 V,表明流过 R_{y1} 或 R_{y2} 的平均电流已超过 5 mA 安全值。为了避免避雷器热击穿,此时避雷器泄漏电流检测单元 K_1 输出超压信号 U_{er} 给电子束焊机高压加速电源的供电电源的控制装置,用来降低供电电压或切断供电电源。如果是尖峰脉冲过电压,由于避雷器泄漏电流取样电路中滤波电容 C_3 的平缓作用,使得避雷器泄漏电流取样电路的输出电压不会超过 5 V,避免了避雷器泄漏电流检测单元 K_1 输出错误信号;当宽脉冲大电流通过避雷器泄漏电流取样电路时,压敏电阻 R_{y3} 动作限压于 33 V,保护取样电阻 R_4 和滤波电容 C_3 避免被损毁。

3 结束语

上述抑制电子束焊机高压加速电源瞬时过电压的措施,具有如下优点:

(1) 避雷器能将雷击或电源内部产生的瞬时过电压能量,转化成热量吸收掉,加速高压电源各部件得到保护,保证正常运行,延长使用寿命。

(2) 整流端氧化锌避雷器,对升压变压器高压输出侧的多相过电压,同时抑制保护,较之在交流侧进行多相过电压抑制保护,节省避雷器数目,且结构简单,降低成本。

(3) 避雷器泄漏电流取样电路连接避雷器泄漏电流检测单元,在过压为宽脉冲产生的避雷器平均电流过大时,送出超压信号,使设备电源控制装置能及时降低供电电压,或切断供电电源保护避雷器。

(4) 尖峰脉冲电流和宽脉冲大电流时,避雷器泄漏电流取样电路能得到保护。

参考文献:

- [1] 王兴贵,李庆玲,李效珍,梁志钰. 氧化锌避雷器应用研究[J]. 高压电器,2008,44 (2) :175-177.
- [2] 万毅,陆继明,王丹,毛承雄. 高压大功率电力电子装置的防雷保护[J]. 电力系统及其自动化学报,2005,17 (4) :76-78,97.
- [3] 许保彬. 机电设备中电动机电磁干扰现象抑制[J]. 微电机,2008,41 (3) :59-61.
- [4] 张懋鲁. 电炉变压器的操作过电压冲击及其抑制[J]. 工业加热,2006,35 (1) :45-50.
- [5] 周泽存,沈其工,方瑜,王大忠. 高电压技术(第二版) [M]. 北京:中国电力出版社,2006.

An Efficient Measure to Suppress the Over-voltage of Accelerating High-voltage Source of Electron-beam Welder

MO Li-lin

(Guilin THD Mech & Elec Engineering Co., Ltd., Guilin Guangxi 541004, China)

Abstract: The over-voltage mechanism of accelerating high-voltage source (AHVS) of electron-beam welder is analyzed and an over-voltage suppression measure with ZnO lightning arrester is proposed, hence the AHVS' reliability is obviously improved.

Key words: electron-beam welder, accelerating high-voltage source, over-voltage, ZnO lightning arrester