

# S109FA 机组危险气体监测系统

李勇辉, 宋玛琳

(杭州华电半山发电有限公司发电二部, 浙江 杭州 310015)

**摘要:** 本文概述了 Bently-Nevada 3500 危险气体监测系统的工作原理及构成, 详细介绍了 3500 监测系统与 GE 公司 Mark VI 轮控盘之间的相互联系与保护逻辑; 给出了危险气体监测系统的安装、校验的通用方法, 并通过实例实现 3500 监测系统向 Mark-VI HMI 的扩展。最后探讨了利用该监测系统发现机组危险气体泄漏点的分析方法。

**关键词:** Bently-Nevada 3500; 危险气体; 监测; Mark VI

**中图分类号:** TK474.3<sup>+</sup>5

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1009-2889(2006)03-0044-04

S109FA 单轴联合循环机组以天然气为燃料, 发电为 390H 型氢冷发电机。无论是天然气还是氢气都属于易燃易爆气体, 这些气体一旦泄漏并积聚在周围环境中, 有可能酿成燃烧甚至爆炸等恶性事故。为保证电厂设备及人员安全, GE 燃气轮发电机组增设了危险气体检测系统。在燃气轮机透平间、气体燃料模块、发电机集电器间分别安装了危险气体检测探头, 用于检测危险气体的浓度。一旦这些舱室中的危险气体浓度超过预先设定的数值, 布置在电子室中的危险气体检测屏上将给出报警及保护信号, 并通过燃气轮机 Mark VI 控制系统引发相应的保护动作, 确保机组的安全。

S109FA 机组采用 B<sup>&</sup>N 3500/63 危险气体监测系统。

## 1 系统组成

Bently-Nevada 3500/63 危险气体监测系统由危险气体探头、3500 机架、电源(直流 110V)、63 卡件、接口机及监视系统软件构成。

### 1.1 监测探头:

采用 GM Model 4802A 催化式传感器, 激励电压 24Vdc。催化式传感器(Catalytic Bead Sensor)为核心的惠通斯电桥, 由检测元件和补偿元件配对组成电桥的两个臂, 用于检测的气敏元件根据催化燃烧效应原理工作: 遇可燃性气体时, 可燃气体在有催化剂

的电桥上无焰燃烧, 桥臂的电阻值因温度增加而增加。检测元件电阻值增加引起桥路输出电压变化, 该电压的变化量随着气体浓度增大而成正比关系增大; 补偿元件起参比以及温度补偿的作用。催化燃烧方式的检测器对氢气有引爆性, 对氢气的检测选用专用的催化式氢气检测器。

危险气体浓度测量值由 LEL 的百分比表示。LEL 即最低爆炸极限(Lower Explosive Level), 通常用在空气(或其它氧化剂)气氛中含有可燃气体的百分比数表示。

Bently-Nevada 3500/63 系统卡件包括:

— 3500/20 接口卡: 负责机架上各卡件之间的数据传输。必须安装于机架第一个插槽。

— 3500/63 监测卡: 用于检测空气中危险气体的浓度, 每个模块提供 6 个输入通道, 每个通道配有独立的危险气体监测探头; 6 个模拟量输出通道将探头产生的毫伏信号以电流的形式传送至 Mark VI 的模拟量 I/O 卡, 4~20mA 对应为 0~100%LEL。63 卡可安装在机架 2 至 15 插槽的任一位置。

— 3500/33 开关量输出卡: 输出超限报警开关量信号, 该信号由 3500 监测系统内部组态处理输出。信号供 Mark VI 保护逻辑使用, 共 16 通道。

— 3500/92 通讯卡: 网关, 负责 3500 危险气体监测系统与各机组接口机之间的以太网通讯。

用户接口机: 标准 PC 机, 使用触摸屏技术, 提

供功能强大的组态和监视软件;通过以太网通讯,便捷地对各套机组的 3500 系统进行配置、监控和校验。

1.2 危险气体监测探头分布

发电机集电端 3 个:  
45HGT-7A, 45HGT-7B, 45HGT-7C; 用于监测氢气浓度。

燃机透平间 6 个:  
45HT-5A, 45HT-5B, 45HT-5C, 45HT-5D;  
45HT-1, 45HT-2; 用于监测甲烷浓度。

燃料气模块间 5 个:  
45HA-9A, 45HA-9B, 45HA-9C;  
45HA-7, 45HA-8; 用于监测甲烷浓度。

1.3 系统保护逻辑

3500/63 危险气体监测盘必须与燃机 Mark VI 控制系统结合,才能对机组安全运行构成完整的保护。

系统约定:带字母后缀的探头信号(共 10 个: 45HGT-7A/B/C; 45HA-9A/B/C; 45HT-5A/B/C/D)由 3500/63 卡件模拟量输出通道送至 Mark VI 处理;不带字母后缀的探头信号(共 4 个: 45HT-1、45HT-2, 45HA-7, 45HA-8)直接由 3500 保护逻辑判断后以开关量形式交由 Mark VI 处理,参与保护逻辑。

Mark VI 危险气体保护分两部分:跳机和禁止启动。现分别介绍。

1.3.1 跳机保护逻辑图(在 Mark VI 中完成):

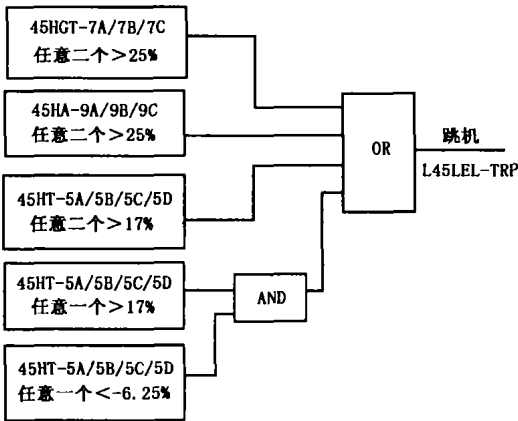


图 1

通过软件设置探头信号 < -6.25% 表示该探头已损坏。

1.3.2 危险气体禁止启动保护逻辑图

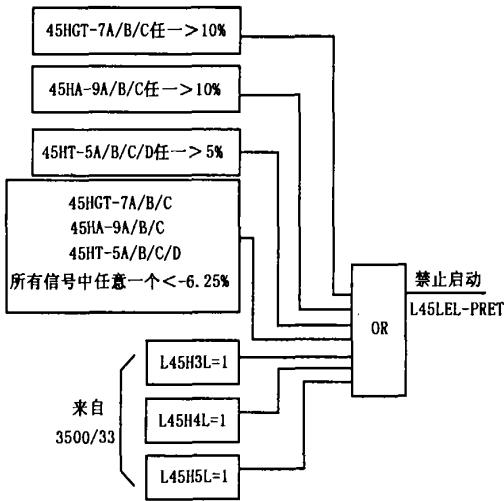


图 2

注意: Bently-Nevada 3500/33 开关量输出卡共输出 9 通道信号,依次分别为: L45H3L/4L/5L、L45H3H/4H/5H、L45HF1/F2/F3, 其中只有前三通道信号为 Mark VI 保护逻辑所采用。其它 6 路信号仅作为 Mark VI 的报警触发,以下不做赘述。

编辑 3500/33 卡件 1~3 通道的配置,得到以下相同的组态语句:

S05C04P # # A1 + S02C05P # # A1 + S03C05P # # A1 + S03C06P # # A1

根据指定插槽/通道下的点名及高 I 值报警设定点(A1=10%),可得出如下逻辑:

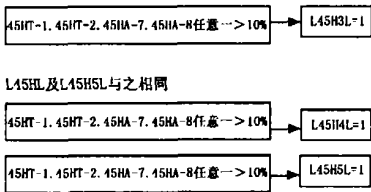


图 3

由此可见,危险气体保护系统是由 3500/63 监测盘和 Mark VI 共同完成的,3500/63 为 Mark VI 提供的保护信号是三重冗余。

2 系统安装、校验及监视

2.1 监测探头安装中的注意事项:

- (1) 必须安装在爆炸性混合物最容易积累的地方。
- (2) 为使探头运行正常,安装位置周围应保持一定的空间,宜留有不小于 0.3m 的净空区。
- (3) 须安装在无冲击、无振动、无电磁场干扰的

场所,并用焊锡包裹裸露线头。

(4)被测气体甲烷和氢气比空气轻,探测仪表必须安装在被监测设备的上方位置。

## 2.2 系统校验:

催化式探头一般情况能连续工作数年,如 GE 采用的 GM Model 4 802A 催化式传感器的理论寿命为 3~5 年,但是定期对探头进行校验仍是必要的,制造厂建议每 90 天对探头进行一次校验。此外,每当更换新探头或更换卡件,投入运行前必须重新校验。值得注意的是:当探头暴露在超高浓度 LEL 水平的天然气(或氢气)中数分钟,必须对其重新校验,因此,在系统发生危险气体超限报警后,也应及时对报警探头进行校验,这是为了防止探头中毒而降低应有的正常探测灵敏度。

校验原理:将危险气体监测探头暴露在已知 LEL 的标准气体样品下进行标定,使 3500/63 卡件中待校通道的参数被正确设定,以便能准确反映工作环境中被测气体的 LEL 数值。建议使用浓度介于 20%~50%LEL 的标准气体样品进行校验。

校验工作均在 3500 Rack Configuration(组态)软件下进行,每次只能校验一个通道。不能同时校验多个通道。

## 2.3 校验步骤

(1)使用 3500 Rack Configuration(组态)软件连接控制器并上载组态,然后用系统 ULITY 菜单下的 Soft Switch 将被校验通道 BYPASS。

(2)在 Option 下选择被校验通道,设定正确的 LEL 百分量(其中甲烷:31%;氢气:50%)。

(3)用压缩空气清吹被校探头周边,使其能正确标定零位;点击 CALIBRATE 按钮,进行自动零位标定。

(4)完成零位标定后系统将弹出对话框,提示零位标定完毕,可开始正式校验:此时用标准校验装置的罩杯覆盖探头,并释放标准校验气体。待标准气样完全笼罩探头后,方可单击对话框确定按钮继续进行校验。如系统提示零位标定失败,则需要检查探头至 63 卡件的接线极性是否正确。

(5)完成校验后系统给出成功提示,并自动取消被校通道的 BYPASS 软锁。如果校验失败将显示系统超时,此时需要确认被校通道是否和当前探头正确对应。

(6)系统复位,按插槽 1 接口卡的 RESET 按钮。系统退出校验状态,进入正常监测。

## 2.4 系统监视

3500 危险气体监测系统在其盘内接口机上提供了 3500 OPERATOR DISPLAY 软件监视平台供用户监视、分析整个系统的运行情况。用户可以在 3500 Rack Configuration(组态)软件中设定各通道的各级报警 LEL 限值,并通过事件记录功能查询系统运行情况及报警记录。

考虑到燃气轮机电厂的实际情况,3500 监控盘往往位于各机组电子室,距离中央集控室较远,不便运行人员实时监盘,因此用户可以考虑利用现有 3500 传输至 Mark VI 的信号点进行新画面的组态,将危险气体监测系统的相关数据与 Mark VI HMI 原有页面有机结合,实现 3500 向 Mark VI HMI 的扩展。

Mark VI 采用 CIMPLICITY 作为其用户接口,出厂初始组态中并没有加入危险气体监测画面,仅作为备选画面提供给有需求的用户。现给出添加画面的方法供参考:

(1)用 CIMEDIT 打开机组主界面,展开框架(FRAME),新建一个 FRAME,从已有页面拷贝画面,其中棒图对各通道危险气体探头 LEL 值模拟量(45HGT-7A/B/C;45HA-9A/B/C;45HT-5A/B/C/D);GE 采用的状态显示栏的初始配置为三个开关量:L45HF1、L45HF2、L45HF3。L45HF1、L45HF2、L45HF3 逻辑为:

45HT-1, 45HT-2, 45HA-7, 45HT-8 任意一个 < 6.25% → L45HF1=1

L45HF2 及 L45HF3 与之相同,表示探头故障。

用户应检查报警和跳机值指示箭头 ANIMATION 组态中的设定值是否与逻辑一致。

(2)完成 FRAME 画面组态后,在该 FRAME 属性下将其改名为 HAZARDOUS GAS。

(3)点击该 FRAME 属性页面上的 Expressions 按钮,在出现的系统 FRAME 列表中选中刚才建立的 HAZARDOUS GAS,并在其 Expression 栏中填写: {DATA\_CTRL}EQ55

注意:可为任一系统未被占用 FRAME 编号,用户自己选定。为便于表述在此定为 55。

(4)新建按钮:选中系统按钮组,展开框架,选择 MONITOR 下拉按钮组,新建按钮。

(5)右键打开按钮属性,在 EVENTS 选单内选择:EVENT;MOUSE UP;编辑 ACTION;在 Variable value 栏内填写 55。于是此按钮便可链接至新建的 HAZARDOUS GAS 画面。

现有系统的不足:

Mark VI 对于 45HT-1, 45HT-2, 45HA-7, 45HA-8 这 4 个探头采集的 LEL 值不能直接响应, 而是采用 3500 逻辑判断后的开关量, 3500 的出厂组态又决定了 Mark VI 无法确定上述探头浓度超限的具本发生点; 运行人员从 Mark VI HMI 危险气体画面仅能监控 7ABC, 9ABC, 5ABC 探头的实时数据, 存在盲区。当 45HT-1, 45HT-2, 45HA-7, 45HA-8 这 4 个探头发生浓度超限报警或跳机时, 运行人员无法在第一时间判断泄漏发生点。因此, 在进行事故分析时应查看 3500 的报警记录。

应用实例:

2005 年 11 月 16 日, 半山 1 号燃气轮机联合循环机组在启动过程中, 当转速升至 445r/min 时跳机, Mark VI 报警显示危险气体浓度高。查看 HMI 危险气体页面中 9A、9B、9C, 虽有 LEL 数值, 但远未

到达跳机的 25%; 页面上探头状态 L45HF1、L45HF2 及 L45HF3 显示为正常。据逻辑关系可判断跳机信号由 4 个 3500 自行处理的探头 45HT-1、45HT-2、45HA-7、45HA-8 超限而发出的。查看 3500 报警记录, 发现跳机前 45HA-7>10%, 造成 L45H3L、L45H4L、L45H5L 置 1, 从而禁止启动信号 L45LEL-PRET 置 1, 由于当时尚未点火, 因而触发跳机信号 L4T。

依此推论, 从 45HA-7 探头位置附近检查系统, 果然发现 D5(G1)燃料控制阀本体的阀杆处有天然气泄漏情况。

因此, 当系统发生危险气体泄漏时, 必须综合 Mark VI 页面及 3500 的报警记录, 并根据报警探头的安装位置和机组所处运行状态进行分析, 方能准确快速的发现泄漏发生点。

(上接第 39 页)

参考文献:

[1]臧述升、宋华芬、王永泓. 三轴燃气轮机动态性能模块化仿真[J]. 计算机仿真, 2001, 9: 83-85.

[2]John B. Woodward. Marine Gas Turbine[M]. 1972: 183-187.

[3]倪维斗, 徐向东. 三轴燃气轮机的数学模型及其动态特性的分析[J]. 自动化学报, 1985, 10: 352-357.

[4]Jane's High-speed Marine Craft and Air Cushion Vehicles[M]. 1986.

[5]朱锦章, 孙君. 气垫船燃气轮机动力装置研究[J]. 舰船科学技术, 1991, 5: 33-39.

[6]翁史烈. 船舶动力装置仿真技术[M]. 上海: 上海交通大学出版社, 1991, 8.

# The dynamic simulation of three-spool gas turbine propulsion system of hovercraft under SIMULINK

SHI Lin-xin, ZANG Shu-sheng

(Turbo Machine Institute of Shanghai Jaotong University, Shanghai 200030, China)

**Abstract:** This paper established a series of mathematical equations of the three-spool gas turbine propulsion system of hovercraft. According to these equations, it makes up a dynamic simulation program under SIMULINK. This program is different from the traditional ones by using the in-constant coefficients to make the results more reasonable. By using this program, we get the response of the three spools when the propeller pitch is changed.

**Key words:** three-spool gas turbine; hovercraft; dynamic simulation