

电厂励磁系统的电磁干扰产生及预防^{*}

韦启鹏, 陈伟淳
(广州恒运电厂, 广东 广州 510730)

摘要: 恒运电厂 C 厂 7 号机组在前期生产中, 因电磁干扰引起励磁系统信号频繁误报警。针对该原因, 重点分析电场干扰产生原因并提出相应预防措施及注意事项, 以达到在生产过程中采取正确的安装布线方法, 有效地减少因电磁干扰引起的误动作, 提高电子设备安全运行的可靠性。

关键词: 电磁干扰; 误动作; 原因; 预防措施; 可靠性

中图分类号: TM60 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2005) S1-0181-04

1 概述

恒运 C 厂 #7 机组为 200MW 汽轮机组, 于 2003 年 6 月投产, 采用分散控制系统 (Distributed Control System, 简称 DCS), 实现生产过程自动化控制 (励磁系统未纳入), 励磁系统为东方电机厂生产的双微型, 型号为 GES-3320, 由灭磁柜、整流柜、过压保护柜、调节柜组成, 其中, 调节柜上控制计算机-A10 (-A20) 是励磁调节器的核心单元, 由 A/D 板、I/O 板、CPU 主板、网卡、脉冲形成板组成, 如图 1 所示。于 2004 年 1 月份对控制室进行搬迁, 即在原来控制室转接各控制信号等, 并将励磁系统纳入 DCS 系统。在 2 月份投入运行后, 励磁系统 A、B 通道多次自动切换, 并发“三个功率柜输入、输出模块故障”“功率柜退出运行”, “脉冲信号丢失”等信号, 在一个月内有 100 次以上报警信号。经检查, 励磁调节器内 I/O 板上的励磁电压、励磁电流 (强电) 与励磁调节柜内的开入信号 (弱电) 芯线共用一根电缆, 屏蔽层也没接地, 电磁干扰非常严重, 直流 24 V 开入信号电缆外层不稳定干扰电压最高时达 28 V, 而且开入信号的光电隔离回路共地, 干扰电压直接串入计算机。在将屏蔽层单端接地以及励磁电压、电流与 24 V 开入信号线分开且恢复光电隔离后, 系统恢复正常。实验证明, 强电导线对 24 V 信号导线产生的电磁干扰是导致励磁装置异常报警的根本原因, 本文对干扰的产生及预防进行分析^[1-4]。

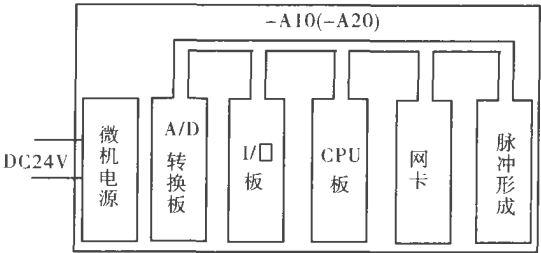


图 1 控制计算机

Fig 1 manipulative computer

2 干扰的产生及预防分析

2.1 导线对导线电场干扰的产生原理

电磁干扰的基本模式包括: 电容性 (电场) 干扰、电感性 (磁场) 干扰、电磁场干扰。由于在上述现象中, 励磁电压、励磁电流为直流信号, 故电感性干扰 (磁场) 可以忽略, 干扰产生主要是由导线对导线的电场干扰 (电容干扰) 引起, 在此, 以集总电容的模式分析电容性干扰的产生原理及预防措施。

如图 2 为两导体的电容性干扰模式, 设其中电容 C_{12} 为导体 1 与导体 2 间的耦合电容; C_{1G} 为导体 1 与地间的电容量; 而 C_{2G} 为导体 2 与地间的电容和耦合电容的总和。

设导体 1 上的电压 V_1 为干扰源 (励磁电压), 而导体 2 为被干扰的电路 (开入信号电压), 因 C_{1G} 不产生任何影响, 可略去不计, 产生于导体 2 及地间的干扰电压为 V_N , 则根据电容串、并联回路, V_N 可表示为:

^{*} 收稿日期: 2005-01-12

作者简介: 韦启鹏 (1970 年生), 男, 电气助理工程师, E-mail: clone_stamp_tool@163.com

$$V_N = \frac{C_{12}}{C_{12} + C_{2G}} V_1 = \left[1 - \frac{C_{2G}}{C_{12} + C_{2G}} \right] V_1 \quad (1)$$

由式 (1) 可知, 导体 2 与地间的干扰电压 V_N 为 C_{12} 与 C_{2G} 的分压。由以上分析可知, 受干扰电压 V_N 主要与下面因素有关:

(1) 与干扰电源电压 V_1 成正比。在本次现象中励磁电压、励磁电流 (强电) 与励磁调节柜内的开入信号 (弱电) 芯线共用一根电缆, 故造成了开入信号较大程度的受到干扰;

(2) 随着导线间耦合电容 C_{12} 增大而增大。而 C_{12} 的大小也随着导线的长度增长而增大, 在这次改造中, 因控制室的搬迁, 使调节柜的开入信号电缆增长了较多, 受干扰程度也增大。

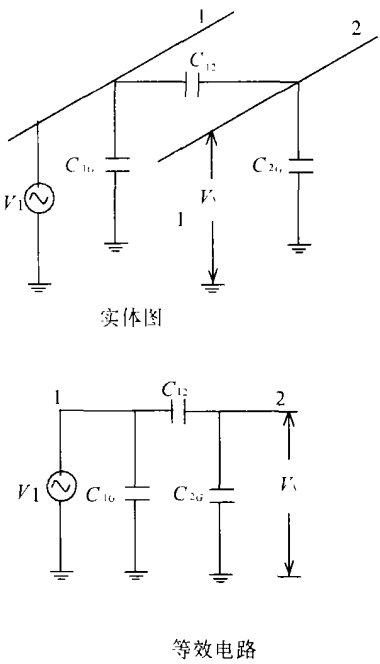


图 2 两导体间的电容干扰

Fig 2 capacitive interference between two conductors

2.2 光电耦合器共地的干扰原理

光电耦合装置是在数字电路上实现光电隔离, 可获得绝对的地环路隔离效果, 消除共地线和电源的干扰, 该装置包括一个发光二极管以及一个光敏晶体管或光敏二极管或光敏电阻。励磁系统的开关量输入、输出信号板 (I/O 板) 的开入模块就是采用光电耦合实现隔离, 消除共地线和电源的干扰, 保证调节柜的正常工作, 如图 3 所示。图 3 中, I-7041 为开关量输入模块, 用来采集系统内各状态的开关量信息; I-7067 为开关量输出模块, 用来执行调节器送来的命令; RS485 为通讯网络线, 进行信号传输。当有信号电压达到开入模块动作

时, 发光二极管发光导通, 使光敏晶体管同时导通, 将信号通过 RS485 网络送至调节器 AVR, 由调节器发出命令, 通过 RS485 送到输出模块。在输入模块中采用光电隔离就是为了消除干扰, 特别是地环路干扰的影响, 但是在 #7 机改造进程中, 将开入信号的点 1 和 2 连接在一起而造成光电耦合器输入输出共地, 使干扰信号直接串光敏晶体管, 抗干扰能力差, 外部干扰信号直接由点 1 传到点 2, 当外部干扰强时就引起了开出模块误发信号。

综上所述, 本次励磁系统的干扰是由于导线间的强弱电的电场干扰和功率柜的开入信号的光电耦合器输入输出共地引起, 使功率柜的开入信号 (弱电) 受干扰程度大大增加。在前述故障消除前对该电缆外层进行实际测量, 电缆受干扰的不稳定电压最高时达 28 V, 而励磁系统控制计算机及各信号电源电压才 24 V, 故干扰电压对开入信号有较强度的干扰并引起频繁动作, 如果干扰信号串入跳闸回路中, 将可能引起误跳机, 所以必须对干扰进行预防。

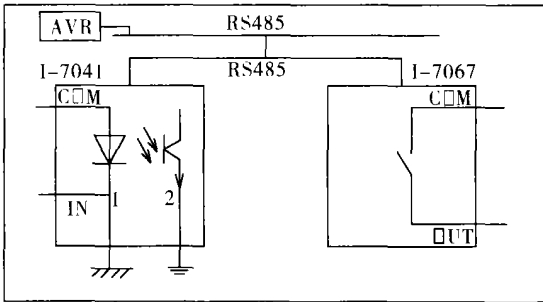


图 3 功率柜开入、开出模块

Fig 3 entry and emerge module of power tank

2.3 干扰的预防分析

我们将受干扰设备看成是敏感元件, 那么, 干扰的基本模式用图 4 表示, 为了预防敏感元件受到外来干扰, 可通过以下几种方法加以控制: 降低干扰源的干扰能量、切断干扰的传播途径、提高敏感元件的抗干扰性能, 在前述故障消除过程中我们采取了如下措施:

(1) 由 2.1 节分析可知, 降低干扰源电压 V_1 和减小导线间的耦合电容 C_{12} 均可降低干扰信号电压。在将干扰源 (励磁电压、电流) 信号线从开入信号线中分开后, 强、弱电芯线得到隔离, 同时降低了干扰电压和减小了导线间的耦合电容, 所以开入信号受干扰程度大大减小。

(2) 切断干扰的传播途径, 减小对敏感元件产生干扰, 可通过隔离、屏蔽、接地等方式。

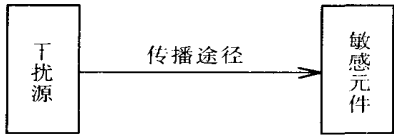


图 4 干扰基本模式
Fig. 4 basic model of interference

下面，分析采用屏蔽和接地措施对预防干扰的原理。如图5所示，如果导体2外有一屏蔽物，则由式(1)可知，屏蔽物收到的干扰电压 V_S 用式(2)表示：

$$V_S = \frac{C_{1S}}{C_{12} + C_{2G} + C_{2S}} V_1 \tag{2}$$

因 C_{2S} 上无电流流动，故导体2接收到电压为： $V_N = V_S$ ，若屏蔽物接地，则电压 $V_S = 0$ ，导体2上受干扰电压 V_N 也为0。此情况是假设导体2不暴露于屏蔽物的外面，但实际情况并非如此，中央导体总是会延伸到屏蔽物的外面，根据图2和图5，若图5的屏蔽物接地，则感应到导体2上的干扰电压为：

$$V_N = \frac{C_{12}}{C_{12} + C_{2G} + C_{2S}} V_1 \tag{3}$$

因导体2超出屏蔽物外的量直接影响到 C_{12} 的大小，也因此影响到 V_N 的值，故应尽量将中央导体2超出屏蔽物外的长度减至最小并提供屏蔽良好的接地，这样， V_N 的值也大大减少了。

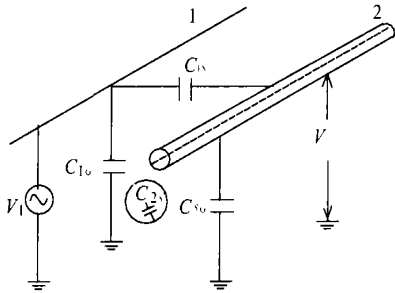
由以上分析可知，通过将电缆屏蔽层良好接地后，干扰电压直接被引入大地，故电缆中央导体受外部干扰信号基本消除。我们将开入信号电缆屏蔽层单端接地后，开入信号受干扰电压大幅下降。

(3) 通过提高敏感元件的抗干扰能力，采用光电耦合实现隔离是一个有效的方法，我们在对机组进行改造过程中，因功率柜的开入信号的光电耦合器输入与输出共地，从而引起干扰信号明显增大(由2.2节分析可知)，在将开入模块恢复光电隔离接地后干扰信号得到有效控制。

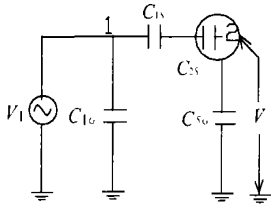
经过上述处理后，调节柜的开入信号电缆屏蔽层实测对地干扰电压已经消除，没有再引起励磁系统误发信号。

3 生产实际的注意事项

上面已根据实际分析了本厂 #7 机励磁系统电磁干扰的产生和预防措施。当然，在各种电子或电气设备相互配合使用过程中，电路间相互干扰更加复杂，必须对电磁干扰进行有效的预防。在电厂安



实体图



等效电路

图 5 导体 2 置于屏蔽物中的电容性干扰
Fig. 5 No. 2 conductor's capacitive interference inside shield

装改造过程中，严格正确的布线要求能有效的预防电磁干扰的产生，故在实际安装过程中对布线提出以下几点注意事项：

- (1) 尽量将电缆的中央导体超出屏蔽物外的长度减至最小，并且断口平整，并提供良好的屏蔽接地；
- (2) 将信号接地点与电力线接地点分开，特别是光电耦合器输入输出侧不能共地，否则干扰信号将从接地线中返回影响低功率回路，从而影响电路的正常工作；
- (3) 根据实际设备、导线长度、阻抗等分析接地是采用一点接地还是多点接地，一般情况下，多点接地经常应用于高频电路；
- (4) 将强电与弱电分开布置，减少干扰电源电压，也减小导线间的耦合电容；
- (5) 设备与导线的连接必须坚固，使用性能好的设备，以减少接触电阻；
- (6) 严格按设计要求布线。

4 结 语

随着电厂自动化生产程度的不断提高，电子和电气设备已经逐渐发展成集成式，DCS、计算机、变频装置等的引入，许多控制和测量信号已由原来的强电转变为现在弱电，所以，除了成套设备内部做好电磁干扰的预防措施之外，在外部的导引线的

连接过程中同样显得重要, 我厂 #7 机这次励磁系统的故障处理就是一个很好的说明, 故电磁干扰的预防在电厂生产中必须引起我们的重视。

参考文献:

[1] 林国荣, 张友德. 电磁干扰及控制[M] . 北京: 电子工业

出版社, 2003: 44.

[2] 李火元, 彭晓洁. 电力系统继电保护及自动装置[M] . 北京: 中国电力出版社, 1999: 273— 276.

[3] 张占松. 高频开关稳压电源[M] . 广东: 广东科技出版社, 1992: 181.

[4] 何权坤. 停电设备的感应电压讨论[J] . 广东电力, 2002 (3): 9— 11.

The Cause and Preventing of the Excitation System's
Electromagnetic Interference in Power Plant

WEI Qi peng, CHEN Wei chun

(Hengyun Power Plant Guangzhou, Guangzhou 510730, China)

Abstract: In the course of the earlier production of #7 Power Generation Unit in Guangzhou Hengyun Power Plant, because of the electromagnetic interference the excitation system regularly gives an improper alarm. This paper primarily analyses the cause of electromagnetic interference and brings forward corresponding preventive measure and attendant proceeding so that at the production process improper alarms because of the electromagnetic interference may be effectively decreased and the reliability of electronic equipment may be improved.

Key words: electromagnetic interference; improper alarm; cause; preventive measure; reliability