

# 火电厂热控系统抗干扰技术

王渝锦

(四川电力建设二公司,四川 成都 610051)

**摘要:**对火力发电厂中热控系统干扰的产生及抑制进行了综合分析,并有针对性地提出了一些抗干扰的技术措施。

**关键词:**仪控系统;信号干扰;抑制

**Abstract:** A complete analysis is carried out for which the interference is produced and suppressed in instrument and control system of thermal power plant, and some technical measures against the interference are pointed out.

**Key words:** instrumentation and control system; signal interference; suppression

**中图分类号:**TK323 **文献标识码:**B **文章编号:**1003-6954(2008)01-0091-04

随着火力发电厂单元机组容量的扩大和自动化程度的不断提高,热工控制及仪表系统监视、控制的I/O数量越来越多,对电厂的安全、经济、简便运行起到了极其重要的作用。电厂的日常维护也大量涉及到DCS等仪控系统。但是在施工、调试、运行过程中,因热控系统受到干扰而造成硬件损坏的现象屡见不鲜,同时,对电厂的安全生产也构成了很大威胁。在贵阳电厂工程的调试过程中,将磨机系统电气信号送往DCS系统过程中,由于窜入信号电缆的强电干扰进入DCS系统,当即损坏I/O卡件5块之多,造成了一定的经济损失。如今系统卡件高度集成,耐电压冲击能力小,价格昂贵。因此,在施工及调试过程中,应该充分考虑抗干扰问题,从实际的工程建设中不断积累经验,采取有效的措施进行防范。

## 1 火电厂热控系统的信号干扰因素

干扰就是广义的噪声,泛指混杂在信息中的无用成分,是人们不希望的信息总称,是窜入或叠加在系统电源、信号电缆上的与信号无关的电信号,它会造造成测量误差,严重的干扰可能造成设备的损坏。在火电厂热控系统中,干扰的产生主要有以下几个方面。

### 1.1 传导干扰

#### 1.1.1 电缆绝缘老化漏电

在大型火力发电厂中,需要敷设大量的电力、控制、信号电缆。而许多电缆在电缆通道中交织在一起,当几种信号电缆在一起传输时,由于绝缘材料老化而漏电,将其信号叠加在其它信号上,即在其它信号中形成干扰,这种干扰在工程建设期间,一般不会

出现,往往在机组运行相当长时间后出现的一种干扰形势。

#### 1.1.2 设备损坏或人为因素

在一些现场执行机构中,如电动阀门,电动执行器等,采用220V或380V电源供电,有时设备烧坏或者人为因素,造成电源与信号电缆间短路,使强电窜入弱电电缆之中,形成较大的干扰,以致造成设备损坏。这种干扰的形成很大成份属人为因素。由此而造成的后果也特别严重,往往会促成设备损坏,甚至人身事故的发生,这种干扰是在工程施工建设期间,由于管理不善或技术措施不恰当,而很容易出现的一种干扰形势。例如:在陕西清水川电厂一期启动锅炉试运中,软水箱水位在运行初期,水位显示正常。但是经过试运一段时间后,水位在CRT上显示不正常,水位值不停波动。由于清水川地处北方,温度在零下20几度,软水箱经常结冰,影响锅炉正常运行。电厂技术人员为了解决这一难题,采用在软水箱加一根 $\varnothing 150$  mm蒸汽管,由于水温升高,超过了投入式传感器工作温度,干扰了传感器正常工作,造成元件损坏。为了解解决好测量问题,采用差压水位测量方法,根据液体静力学原理计算出水位差压值,校正差压变送器的差压值,让热工安装人员在水箱顶部和底部引两根 $\varnothing 16 \times 3$ 无缝钢管,低部端管子引入差压变送器负压侧,顶部端管子引入正压侧,管子水平端按1:12敷设,同时两根仪表管子用保温材料保温,这样保证了测量的准确性。经过这一技术改造,水箱水位测量不准、水位波动大的技术难题得到解决。

#### 1.1.3 接地质量不好或不合理引起的共模干扰

在信号电缆的施工时,如果屏蔽层两端同时接

地,则两端的接地系统可能出现电位差异 $\Delta E$ ,该电位差将会在信号电缆上产生很大的地环流,叠加在信号电流上,造成模拟量信号波动,如果这种所叠加的电流过高,会造成卡件损坏,进而威胁到设备的正常运行。在分散控制系统接地施工时,如果工艺不好,会使接地电阻值增大,抬高DCS控制系统的地电位,如果过高,超过允许值,会造成设备损坏或威胁到系统的安全稳定运行。

### 1.2 电容电感耦合干扰

在整个系统中,由于传输电源及信号的大量电缆将通过电缆槽或者电缆管同时接入控制系统,而传输这些信号的电缆在一起敷设时,它们之间均存在着分步电容,而干扰信号通过这些分步电容加到别的信号电缆上,使别的信号失真而被干扰。另一方面,在交变信号电缆的周围会产生交变的磁场,而这些交变磁场会在并行的电缆之间产生电动势,这也会造成线路上的干扰。

### 1.3 大型电气设备启停引起的干扰

在火力发电厂中,存在大量的高压电气设备,而大型电气设备的启、停在运行过程中时有发生。电动机的启动、开关的闭合所产生的火花,会在其周围产生很大的交变磁场,这些交变磁场既可以通过在信号电缆上耦合产生干扰,也可能通过在电源电缆上耦合产生高频干扰,这些干扰如果超过允许范围,也会影响系统的工作。

### 1.4 来自空间的辐射干扰

来自空间的电磁辐射干扰分布极为复杂,由于在空间中存在着雷电、雷达、无线电、通信等,它们所产生的电磁辐射,不仅能通过计算机内部的电路感应产生干扰,还可通过对计算机外围设备及通信网络的辐射,由外围设备和通信线路的感应引入干扰。

### 1.5 其它因素

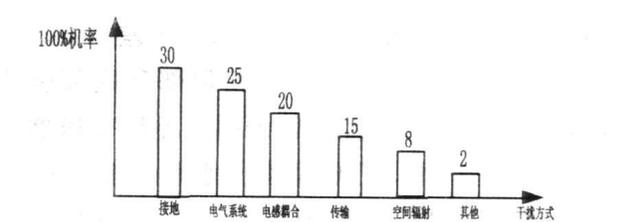


图1 在火电厂中热控系统各种干扰的存在比率

雷击可能在系统周围产生很大的电磁干扰,也可能通过各种接地引入干扰。还有环境中所存在的静

电也往往成为毁坏系统设备的杀手。

综合以上分析,干扰在系统中的产生,是不可预见的,也是无法对其进行准确的分析和测量,但从实际工程施工中总结分析,其出现的机率大致如图1所示。

## 2 干扰的抑制

### 2.1 提高热控系统电源的稳定性及可靠性

在热控系统中,一般设计有热工电源盘,来为控制系统及现场仪表提供电源。在系统电源的设计时,应该考虑冗余供电,各路配电模块应该有独立的截峰二极管(过压)、自动断路器(过流)等保护,供电系统最好采用隔离变压器,使热控接地点和动力强电系统接地点独立开来。为避免波动,在热控DCS系统中,供电电源要尽量来自负荷变化小的电网上,要严格防止强电通过端子排线路串入DCS 24V供电回路。在DCS应用中,一方面对现场的电网情况提出要求,另一方面应采用高可靠性的电源。在成熟的DCS中都对此类电源作双冗余处理。相应的系统各主机柜均采用两路交流供电方式。一路为UPS(220V)供电,另一路为电厂保安电源。电源系统的稳定,是整个系统工作稳定的基本前提,也是热控系统抗干扰能力的重要保证,如果电源不稳或产生波动,将对系统的稳定工作带来一定的影响。

### 2.2 正确进行电缆敷设

在施工过程中首先要安装足够的电缆通道,保证强电电缆与弱电电缆分开敷设。具体施工时,确认电源电压220V以上、电流10A以下的电源电缆和信号电缆之间的距离要大于150mm,与信号电缆之间的距离应该大于600mm。例如:广安电厂二期2×300MW给水控制系统,给水电动执行器投自动,电机就带电振动。在CRT显示反馈量与给定量相差太大,执行器反馈信号到AI卡件偏差大。当时,怀疑位置发送器线性不好,就用标准电流表检查,发现执行器没问题,问题出在电缆。把电缆从电缆槽在中翻出,发现反馈线这根电缆是普通电缆,并且和电气强电回路在同一层敷设。为了解决这个问题,要求热工安装人员,重新敷设带屏蔽电缆,弱信号电缆远离强信号电缆,并且屏蔽层在信号源端接地。为了防止执行器受外界干扰,采取在伺服放大器信号输入负端与反馈输出负端短接,这样可以抑止外界干扰。经过采用以上方法,信号失真问题得到解决。

### 2.3 正确的接地方法和良好的接地工艺

在控制系统中存在着各种不同的地线,如屏蔽地线、信号地线、交流地线、直流地线、模拟地线等。对这些地线如何处理?是浮地还是接地?是一点接地还是多点接地?是分散接地还是集中接地?是控制系统中设计、安装、调试的一个关键问题,接地是热控系统抗干扰的主要措施,对接地系统设计是否合理、可靠,关系到系统的安全性、抗干扰能力的强弱及通信系统的畅通。在实施隔离及屏蔽时,许多措施中都需要接地。接地是解决干扰问题的重要手段。实践中由于接地不良或接法错误造成控制系统失灵甚至损坏的事例屡见不鲜,因此对接地问题必须慎重处理。在实际施工过程中,对于热控制系统的接地,在施工中主要采取下面的技术措施。

#### 2.3.1 一点接地及多点接地的应用原则

根据一般的施工常识,高频信号应就近多点接地,低频信号应采取一点接地。这是因为,传输低频信号的电缆间所存在的电感并不是什么大问题,相互间不可能形成干扰,然而接地线所形成的环路对干扰影响比较大,因此常以一点作为接地。但一点接地不适合于高频信号,因为高频时,地线上具有电感,因而增加了地线阻抗,同时各地线之间又产生耦合,当高频很高时,地线阻抗就会变得很高,这时地线就变成了天线,向外辐射噪声信号,形成对外干扰。减小这种干扰就是要降低地线阻抗,其措施是首先在接地施工时,尽量使地线长度小于 25 m,或者采取多点接地。根据资料《传感器接口与检测电路》:频率在 1 MHz 以下时,可用一点接地;而高于 10 MHz 时,应多点接地;在 1~10 MHz 之间,如用一点接地,其地线长度不得超过波长的 1/20,否则应采取多点接地。

#### 2.3.2 现场热控设备的接地方法

在火电厂热控系统中,现场有大量的设备,包括变送器、控制箱、接线盒以及就地控制盘柜。对这些就地设备以最短的路径与钢结构相连;如热电偶、热电阻温度计采取与电缆导管直接相连,或者提供一个固定连接处以达到以最短的路径和地进行连接,连接处必须牢固可靠,必要时对连接处采用电焊的方法以加固连接;就地控制盘、台、柜基础框架的每个角应与钢结构采取电焊的方式进行连接。

#### 2.3.3 电缆屏蔽层的处理

在电缆进入 DCS 盘柜时,要保持屏蔽完整。电缆的屏蔽体也要经接插件进行连接,当两条以上屏蔽

电缆共用一个插件时,每条电缆的屏蔽层都要单独用一个接线端子。否则,容易造成地环路使电流在各屏蔽层中间流动,形成干扰。低电平电缆的屏蔽层要一端接地,屏蔽层外面要有绝缘层,以防与其它地线接触相碰。在广安电厂二期工程 4 号机组的试运过程中,汽轮机监视系统(TSI)经常出现因一些电气设备拉合闸而使信号发生阶跃变化,如:在一次直流油泵的合闸过程中,使 1 号轴承振动信号发生阶跃变化,其瞬时脉冲达到 40  $\mu\text{m}$  之多,直接导致机组跳闸。在原因分析过程中,发现在 1 号轴承振动信号电缆屏蔽层的接地如图 2。

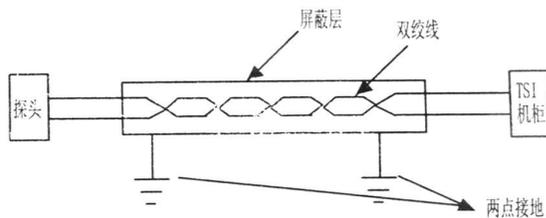


图 2 屏蔽电缆两端接地引起的干扰分析

当直流油泵启动时,在拉合闸过程中,对母线的充放过程和电源侧的电位变化相互作用,产生高频电流分量,在母线上传播反射形成高频电流和电压,高频电流经电容设备流入地网,据资料介绍,此电流可能达到 1 000 A 以上,由于地网及导线对高频电流有感抗,所以在地网局部区域有电压升高现象,由于 TSI 中其 1 号轴承振动信号的屏蔽电缆两端接地,虽然对外部电磁场有很好的屏蔽作用,但是在地网电位差的作用下,在屏蔽层产生电流,形成对信号电缆的干扰。因此,对这种低电平电缆必须采取一端接地的方式进行连接。

#### 2.3.4 接地施工时应保证良好的施工工艺

在接地线施工时,一般会进行大量的金属连接,从而形成许多金属连接点,这些金属连接点施工的好坏,将对接地电阻的阻值产生很大影响。因此,在选择接线时,一般选用铜作为接地材料,以防这种噪声电压的产生。

#### 2.4 对重要回路采取隔离技术

对于模拟量输入/输出(AI/AO)回路,要防止从现场来的强电窜入卡件,以及就地设备与 DCS 系统不共地可能产生电势差,这种电势差在信号回路中产生电流,对信号进行干扰。对于这种干扰,主要采用信号隔离器进行抑制。在清水川电厂一期启动锅炉

工程试运时,其引风机挡板调节机构的位置反馈信号出现失真,当指令为50%时,其不定时地上下波动,当指令为100%时,在反馈调整到100%一段时间之后,又发生波动,甚至有时低到80%左右,严重影响了风量的调节。在进行信号失真分析过程中,核查了其信号采集没有故障,因此初步认为是干扰所致。在现场检查发现存在以下一些问题:一是执行机构的信号电缆由于条件限制,敷设在电气专业的电缆沟最底层桥架上,虽然和电气高压电缆有一定距离,但高度不够,容易受到干扰;另一方面,由于执行机构的位置反馈电路是由执行机构自身提供电源,其电路和执行机构一起就地进行了接地,而DCS端的AI通道也通过机柜接地,形成两点接地的情况,违背了一点接地的原则。由于这种不对称接地所产生的电势 $\Delta E$ ,加上其信号电缆位于强电干扰环境的原因,使其所形成的电流叠加在信号上,造成信号发生波动。这种干扰,主要采取在回路中加装信号隔离器,断开干扰回路,以对干扰进行抑制。对于数字量输入/输出(DI/DO)回路,常用的解决方法是对DI/DO信号采用中间继电器进行剥离。如对一个马达控制开关反馈输入回路:现场的常开接点闭合时,继电器线圈带电,输出接点闭合,接点信号引入开关量采集卡件。这样,强电就不会串入卡件及信号回路,发生故障时,也主要检修隔离的外回路。

(上接第56页)

## 4 结 论

- 1)  $S_9$  系列的变压器带额定负荷的50%~60%时效率最高,损失率最小。
- 2) 根据负荷损耗曲线看出,当  $S < 20\% \sim 30\%$  的额定容量时,随着  $S$  的减小损耗急剧增大,所以先上一台主变的变电站选择变压器时,其额定容量应不大于最小负荷的4~5倍。
- 3) 单台主变压器的变电站,当  $S > S_1$  时高电压运行,  $S < S_1$  时低电压运行。
- 4) 两台主变压器容量相等的变电站,当  $S > S_3$  时应并列运行,  $S < S_3$  时应单台运行。
- 5) 对于两台主变压器容量不相等的变电站并列运行的临界点可按式(11)、式(12)求取。当  $S < S'$  时,单台小容量主变压器运行;当  $S' < S < S''$  时,单台

## 2.5 防静电措施

在DCS调试过程中,进入控制室及电子设备室,要穿防静电工作服,在DCS卡件拔插时,要戴防静电手套,在电子设备室土建设计时,应考虑采用防静电地板,以减少静电所形成的干扰对DCS系统的威胁。

## 3 通过软件技术解决抗干扰问题

火力发电厂属庞大的系统工程,现场干扰复杂,虽然通过各种硬件措施大大地对干扰进行了抑制,但由于其不可见性以及出现的不确定性,因此仍会有干扰通过各种途径窜入系统中,所以仅仅依靠硬件措施要想从根本上消除干扰是不可能的,因此在进行软件设计和组态时,还必须在软件方面进行抗干扰处理,进一步提高系统的安全可靠性。

## 4 结束语

火力发电厂热工仪表及控制系统抗干扰是一个重要的技术问题,在系统的设备选型、工程设计和安装调试过程中都要考虑现场的干扰情况,并对系统采取抗干扰措施,利用软硬件技术去解决系统中存在的或可能存在的干扰问题,才能有效地提高整个系统的安全可靠性。  
(收稿日期:2007-10-12)

大容量主变压器运行经济; $S > S''$ 时,两台主变压器并列运行。

6) 三绕组降压变压器,中、低压侧的负荷按式(5)计算结果进行分配线损最低。

7) 现已实现无人值班或综合自动化的变电站,可通过计算机应用数学模型式(16)、式(17)、式(18)来实现对电力变压器经济运行方式的控制。

由于农村用电负荷具有季节性强的特点,因而农村变电站主变的负载情况也随着季节的不同而发生显著变化。同时,主变压器在运行时也客观地存在着部分功率损失,这样就应认真地考虑主变压器运行的经济性问题。在具有两台主变压器的农村变电站中,通过对主变压器运行分析,根据主变负载的变化,改变其运行方式,以提高主变的工作效率,从而达到降低电力变压器功率损失的目的。结果既节约了能源,同时也延长了电力变压器的使用寿命。

(收稿时间:2007-10-24)