

DCS 网络噪声干扰原因分析及对策

Analysis and Countermeasure to Noise Interference of DCS Network

张 兴 蔡 兵 陈胜利

(安徽省电力科学研究院,安徽 合肥 230001)

摘 要: DCS 系统的抗干扰能力是攸关整个控制系统安全运行的关键因素之一,而接地系统是 DCS 安全和应用过程中的重要环节。针对某电厂 DCS 存在的网络噪声干扰问题,从系统接地类型、方式及接地装置等方面,对该电厂 DCS 接地系统进行了全面的研究和测试。分析了该电厂 DCS 系统内、外部干扰产生的原因,并提出了相应的解决和预防措施,由此确保了 DCS 系统的长期稳定运行。

关键词: 分散控制系统(DCS) 网络噪声 抗干扰 接地 屏蔽

中图分类号: TP273 **文献标志码:** A

Abstract: The anti-interference capability of DCS is one of the key factors related to safety operation of the entire control system, while the grounding system is an important part of safety and application process of DCS. Aiming at the network noise interference issue of DCS in a certain power plant, comprehensive research and test are conducted for the grounding system of DCS in this power plant, including grounding type, grounding pattern and grounding facilities. The interference causes internal and external of the DCS are analyzed, and relevant countermeasures and protective methods are proposed, thus the long-term stable operation of DCS is guaranteed.

Keywords: Distribution control system(DCS) Network noise Anti-interference Grounding Shield

0 引言

某电厂 2×300 MW 机组自基建调试及投入商业运行以来,常发生 DCS 上位机报警信号频繁异常触发和部分 DPU 网络噪声在短时间内大幅上升并发出警报的现象。若两块冗余 DPU 同时发生该类报警,则会导致该控制器瘫痪,严重威胁到机组的安全稳定运行。为此,安徽省电力科学研究院在 1 号机组检修期间对该厂 DCS 开展了相关测试及分析工作。

1 系统简介

电厂两台 DCS 机组采用全进口的美国 Honeywell 公司 TPS 分散控制系统,其设计的接地系统分为主参考地和安全地两部分。

① 主参考地:它是信号线屏蔽层的接地,用于抑制干扰信号。DCS 机柜内电源转换模块的一路接地线也接入主参考地铜排,为系统逻辑地提供电压参考点。主参考地接地结构图如图 1 所示。

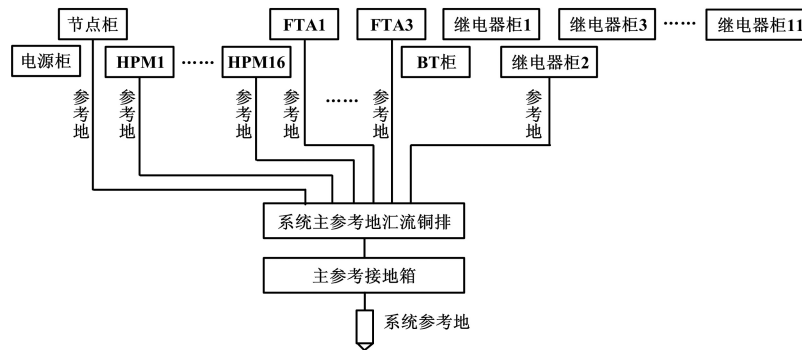


图 1 主参考地接地结构图

Fig. 1 Grounding structure of main reference to ground

修改稿收到日期: 2012-01-31。

第一作者张兴(1983-),男,2006年毕业于长沙理工大学热工自动化专业,获学士学位,助理工程师;主要从事火电厂热工自动控制技术的研究。

② 安全地:机柜外壳的接地、机柜网络 TAP 头的接地、DCS 机柜内电源转换模块的另一路接地线均接入安全地铜排。

安全地接地结构图如图 2 所示。

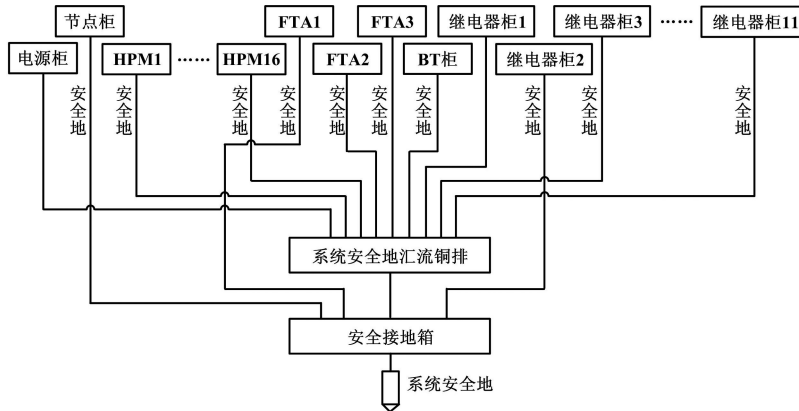


图2 安全地接地结构图

Fig.2 Grounding structure of safe grounded

1号机组的各高性能过程处理器(high performance process manager, HPM)机柜、现场端子接线(field terminal assembly, FTA)机柜、单元节点机柜以及R02继电器机柜均具备以上两个接地系统。上述机柜内前后的底部分别设有安全地铜排和主参考地铜排。这些接地铜排分别接至电子间主参考地汇流排和安全地汇流排后,连接至电缆夹层内对应的主参考地接地箱和安全地接地箱,两接地箱通过电气接地网与大地相连。

1号机组的单元电源机柜、锅炉跳闸(boiler trip, BT)机柜以及各继电器机柜(除R02机柜外)由于没有外部信号接入,柜内都只有一路安全地铜排。柜内接地线经机柜内底部的安全地铜排、电子间安全地主汇流排汇流后,接至电缆夹层的安全地接地箱,接地箱通过电气接地网与大地相连。

需要说明的是,1号FTA机柜、单元节点机柜和R02继电器机柜的安全地铜排直接通过接地电缆与电缆层的安全地接地箱相连,而其他机柜的各接地铜排均通过电子间的主接地汇流排与接地箱相连。

2 检测分析过程

对于DCS系统网络噪声上升的现象,分别从DCS系统的接地架构是否合理、相关参数是否符合有关规程指标要求等角度进行查找、分析^[1-3]。为保证系统安全运行,测试工作主要在处于检修期的1号机组上进行。

2.1 接地电阻测试

现场采用接地电阻测试仪对1号机组的各机柜主参考接地和安全接地的接地电阻进行了全面测量。

根据《火力发电厂分散控制系统验收测试规程》DL/T 659-2006规定:当DCS与电厂电气系统共用一个接地网时,控制系统地线与电气接地网只允许有一个

连接点,且接地电阻应小于 $0.5\ \Omega$ 。

经测试,1号机组DCS所有机柜的汇流铜排到电气的整个接地系统接地电阻符合规程要求。因此,可排除由于机柜接地电阻过大而导致DCS信号干扰的可能。

2.2 接地电缆排查

2.2.1 接地电缆排查要点

DCS各接地系统应采用“单独引出、一点接地”原则,各接地线除汇总点外应相互隔离,即从系统总接地点往上看,接地系统应为树状结构,不允许接地形成环状网络^[4-6]。同时为确保DCS网络的正常运行,还应做好网络设备的接地及其和其他设备的隔离工作,避免因窜入干扰电流而对DCS网络产生影响^[7]。

2.2.2 接地电缆排查内容

为进一步找出1号机组DCS信号干扰及网络噪声上升的原因,对各机柜内接至铜排的所有外部信号屏蔽线、机柜外壳接地线、网络TAP头接地线、电源转换模块接地线以及各段接地电缆的安装、分布进行了梳理,并对各接地电缆对电气接地网的电压进行了测量。

2.2.3 存在问题及分析

通过对1号机组各机柜接地电缆的全面检查发现,尽管所有机柜内所有接地电缆用镀锌螺栓压接在接地镀锡铜排上,其中单股屏蔽线汇编成辫、使用压线接头压紧,安装规范可靠,但也存在如下问题。

① 根据TPS系统的设计、生产原则及现场测试结果可知,机柜的网络TAP头接地点和机柜外壳是相通的,相互之间电阻为零。厂家考虑到TAP头接地点和机柜外壳可能接触不好,又将网络TAP头和机柜外壳的接地电线接至安全接地铜排。这样在三者之间形成了一个环状结构,不利于网络干扰的快速消除。同时,

当 DCS 机柜发生漏电等情况时,干扰电压极易通过机柜外壳与网络 TAP 头的连接而影响到 DCS 网络的正常运行。

② 在 1 号机组调试过程中,DCS 厂家技术人员在处理网络噪声干扰问题时,将 1 号 FTA 机柜相邻几个机柜的网络 TAP 头接地线汇总至 1 号 FTA 机柜的安全地铜排,并增加了一根接地电缆。该电缆用于将该安全地铜排直接接至电缆层的接地箱。这就使得 1 号 FTA 机柜安全地铜排对地的电缆变成了两根:该机柜安全地铜排原设计的一根接地电缆通过安全地主汇流排接至电缆层的安全地接地箱;而调试期间由 DCS 厂家增加的一根安全地接地电缆则由该机柜安全地铜排直接接至接地箱。1 号 FTA 机柜安全地接地示意图如图 3 所示。这就形成了一个环网,即“两点接地”,违背了 DCS 系统接地原则。

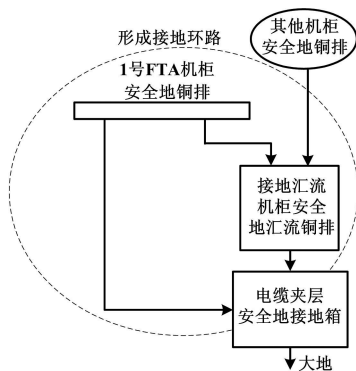


图 3 1 号 FTA 机柜系统安全地接地示意图
Fig. 3 Schematic diagram of the safe grounding for No. 1 FTA cabinet

③ TPS 系统 HPM 机柜内部的电源转换模块设计有两路接地电线,其中一路接至机柜内的安全地铜排,另一路接至主参考地铜排。在电源转换模块内部,这两路接地应是相互隔离的,但在测试过程中发现,当将电源两路接地线正常接入对应铜排并给柜内电源送电后,柜内两铜排间阻值为 0,即两铜排通过机柜电源的接地电缆相通。

针对此现象对系统抗噪能力的影响,现场也专门进行了比对试验。

首先,将 1 号机组所有机柜电源的接地线从两接地铜排上解除,此时同一机柜内的两接地铜排完全隔离。采用数字荧光示波器 TEKTRONIX DPO4050 测量一 HPM 机柜内的主参考地铜排、安全地铜排对地的交流电压波形,结果均为峰谷值为 2.2 V 左右的杂波。

然后将 1 号机组所有机柜内的电源接地线重新接入两接地铜排,再次测量该机柜主参考地铜排、安全地

铜排对地的电压波形。测量发现,两铜排对地电压波形峰谷值均有增大,分别达到 4.2 V、5 V。

上述测试结果表明,电源模块接地线接入铜排后,同一机柜内两隔离的接地系统铜排相通,这一方面降低了系统的抗干扰能力,另一方面也将系统电源产生的干扰信号并行引入系统主参考地和安全地。

2.3 信号屏蔽电缆检测

信号屏蔽电缆压线接头浮空后,在对电气接地网的电压测量过程中发现,各机柜大部分接地电缆没有或只有微弱的交流干扰电压存在,但也有少数电缆存在较大的交流干扰电压。

1 号机组 R02 继电器机柜的主参考地与一束屏蔽电缆相连接,测得该屏蔽电缆压线接头对地的交流干扰电压达到 48 V 左右。

为了测试这一干扰电压对系统的影响,首先将该束屏蔽电缆从铜排中解除,采用数字荧光示波器 TEKTRONIX DPO4050 测量该机柜安全地铜排、主参考地铜排和网络 TAP 头对地的交流电压波形。显示结果均为峰谷值为 2.2 V 左右的杂波。

将这束屏蔽电缆接入机柜的主参考地铜排后,机柜内的安全地铜排、主参考地铜排以及网络 TAP 头对地的电压峰谷值都明显增大,分别约为 3.2 V、3.6 V、2.8 V。

为进一步验证屏蔽电缆所带交流电压对 DCS 系统的影响,特选择 2 号机组 R02 继电器机柜做对比试验。该束屏蔽电缆存在 240 VAC 电压。

试验过程中,首先测得干扰交流电压有效值达到 240 VAC 左右。将该束电缆从铜排中解除,采用数字荧光示波器 TEKTRONIX DPO4050 测量该机柜系统主参考地铜排对电气接地网的电压。结果为峰谷值约 8.4 V 的杂波。将这束带 240 VAC 干扰电压的屏蔽电缆接入 R02 机柜的主参考地铜排后,测量得到主参考地铜排对地电压波形中出现了大量随机尖波,峰谷值达到 77 V。

未将这束屏蔽电缆接入 DCS 系统主参考地铜排时,正在运行的 2 号机组控制系统工作正常;一旦将这束电缆接入铜排,DCS 网络噪声快速上升并发出报警。

通过对测试波形的对比分析可知:将带较高交流干扰电压的屏蔽电缆接入主参考地铜排后,机柜内安全地铜排、主参考地铜排和网络 TAP 头的对地电压都有增大且出现大量随机尖波,并且 DCS 自检程序记录的网络噪声也出现快速变化,DCS 控制器的安全稳定运行受到严重影响。

3 原因分析

通过现场测试、试验、对比,对该电厂两台机组 DCS 网络噪声干扰原因分析结果如下。

① 接地电阻的测试结果表明,1 号机组 DCS 接地系统接地电阻符合规程要求,但两台机组接地系统的结构都存在局部“环网”的问题,如网络 TAP 头、机柜外壳、安全接地铜排三者之间的环网;1 号 FTA 机柜安全地铜排存在两根对地的电缆;系统安全地和主参考地通过电源模块相通,在系统总接地点汇合,形成环网。整个接地系统结构不符合 DCS 的接地原则——“单独引出、一点接地”,从而造成 DCS 系统抗干扰能力降低,这是网络噪声形成的内在原因。

② 两台机组部分现场信号的屏蔽电缆带有较强的交流干扰电压,并通过“环形”接地系统引入 DCS 通信网络,给 DCS 网络安全带来较大隐患,这是网络噪声上升的外部原因。

③ 两台机组还存在少量现场信号的屏蔽电缆接至 TPS 系统安全地铜排的现象,一旦由于现场条件的变化使这些屏蔽线带上较强的交流干扰电压,将对 DCS 网络造成干扰。

4 处理建议

为彻底解决该电厂两台机组 DCS 网络噪声干扰问题,提出如下建议。

① 1 号 FTA 机柜的安全地铜排现存在“两点接地”现象,应解除其中一路接地电缆。

② 1 号机组部分 HPM 机柜内电源通电后存在电源模块两路接地线相通的现象(本次检修过程中新增加的 HPM 机柜电源模块无此现象),使得系统主参考地铜排和安全接地铜排在各自机柜内相通。建议联系厂家进一步查找原因并加以解决。

③ 1 号机组在调试过程中已将网络 TAP 头的接地线单独汇流后直接接至电缆层安全地接地箱,建议 2 号机组也参照此处理。同时建议将网络 TAP 头与机柜隔离(如有可能),以保证 TAP 头接地独立。

④ 按照 TPS 系统接地要求,将接至安全地铜排的屏蔽线移至主参考地铜排,避免现场干扰引入系统安全地。

⑤ 初步确定了多束屏蔽电缆带有较强的交流电压,建议进一步进行梳理,找出屏蔽线带电的具体电缆。可以先将这部分电缆的屏蔽层在现场信号端接地并观察效果,若仍对 DCS 造成干扰,则应考虑重新铺设电缆(信号电缆与动力电缆分层铺设,以避免干扰)^[8]。

⑥ 为防止电缆进入机柜后形成“天线”效应、破坏机柜的屏蔽效果,重要信号电缆的备用芯应可靠接地,其他信号电缆的备用芯应置于控制柜的下部位置,同时重要信号的电缆屏蔽层应尽可能在靠近接线端子处剖开^[9]。

总之,在后面整改过程中应做到以下几点。

① DCS 机柜外壳、电源地、屏蔽地、逻辑地等应分别接到机柜各接地铜排上,并将各机柜相应接地铜排连接后,再用铜芯电缆引至主接地体。

② 应保证 DCS 系统满足“一点接地”的要求,整个接地系统最终只有一点接到接地地网上,并满足接地电阻的要求。

③ DCS 输入输出信号屏蔽线要求单端接地。若信号端不接地,屏蔽线应直接接在机柜地线上;若信号端接地,屏蔽线应在信号端接地。

5 结束语

完善、可靠、正确的接地既是 DCS 系统能够安全、稳定和良好运行的关键,又是影响发电厂长周期生产的关键,很多 DCS 系统运行中出现的故障往往是由于系统接地不好引起的。本文全面详细地介绍了在某电厂 DCS 频繁发生异常报警后对该厂 DCS 的接地系统所进行的排查、检测和分析工作的过程,找出了导致报警信号异常的原因所在,并提出了进一步处理的建议。希望通过本文的分析和建议,可以对其他同类型发电厂的 DCS 接地系统的安装、维护及问题排查工作提供一定的参考。

参考文献

- [1] 黄湘. 系统信号抗干扰的解决方案[J]. 电厂自动化,2010(3): 42-47.
- [2] 王艳梅,侯立刚,杜文军. DCS 系统接地的探讨[J]. 工业仪表与自动化装置,2009(2):83-85,88.
- [3] 冀树春. 电厂 DCS 系统接地可靠性的探讨[J]. 神华科技,2009(6): 51-54.
- [4] 黄振利,李珍. DCS 系统工作接地保护装置的技术改良[J]. 自动化仪表,2004,25(10):25,59.
- [5] 吕俊霞. 发电厂和变电所接地的重要性与基本要求分析[J]. 自动化仪表,2010,31(2):55-57.
- [6] 王惟. 提高 PLC 系统抗干扰和接地系统可靠性探讨[J]. 自动化仪表,2010,31(8):55-57.
- [7] 朱北恒. 火电厂热工自动化系统试验[M]. 北京:中国电力出版社,2005:56.
- [8] 高攸纲. 屏蔽与接地[M]. 北京:北京邮电大学出版社,2004: 132-148.
- [9] 李景禄. 接地装置的运行及改造[M]. 北京:中国水利水电出版社,2005:32-91.