

核电站安全级 DCS 系统接地设计研究

孙洪涛¹, 侯余生², 刘静波¹

(1.北京广利核系统工程有限公司, 北京 100094;

2.辽宁红沿河核电有限公司, 辽宁 大连 116001)

摘要: DCS 系统的可靠接地是保证 DCS 安全、可靠运行的重要条件。为了保证 DCS 系统的监测控制精度和可靠运行, 在 DCS 系统接地设计时, 必须严格按照接地相关标准的要求进行设计。本文依据相关标准要求, 给出了核电站安全级 DCS 系统接地设计的原则和方法, 并结合辽宁红沿河核电站安全级 DCS 接地实例作了相关分析。

关键词: 核电站; 安全级; DCS; 接地

中图分类号: TL48

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2012)21-0020-03

Research on safety DCS grounding design of nuclear power plant

Sun Hongtao¹, Hou Yusheng², Liu Jingbo¹

(1.China Techenergy Co., Ltd., Beijing 100094, China;

2.Liaoning Hongyanhe Nuclear Power Co., Ltd., Dalian 116001, China)

Abstract: Reliable grounding is the important conditions for DCS system to ensure the safe and reliable operation. In order to ensure the safe and reliable operation of the DCS system, the DCS system grounding design must fully meet the relevant grounding standard requirements. The DCS grounding design principles and methods are given according to the relevant standards requirements of the nuclear power plant in this paper, and the safety DCS grounding instance of Liaoning province Hongyanhe nuclear power plant is analyzed.

Key words: nuclear power plants; safety class; DCS; grounding

核电对发展清洁能源、低碳经济以及应对全球气候变化的重大意义已经被世界各国所公认。2007年11月, 国务院批准了《核电中长期发展规划(2005-2020年)》, 提出到2020年核电装机容量占全部的4%, 达到4000万千瓦, 但是根据中国目前的核电发展状况, 这一目标应会得到大幅提高。

核电站安全级 DCS 数字化保护系统是核电站的中枢神经系统, 较之模拟控制系统, 基于计算机和微处理器的 DCS 能提供更好的设备诊断性能和维护性能。目前, 国内所有在建核电站的核安全级 DCS 数字化保护系统全部依靠国外引进, 已经形成了由国外厂商寡头垄断的局面。加强核电站安全级 DCS 数字化保护系统自主设计能力对于中国核电产业发展和核电站的安全运行具有重大意义, 同时可大幅度降低数字化保护系统的设计和运行维护费用。安全级 DCS 系统接地设计关系到数字保护系统设备安全可靠运行以及人身安全, 本文根据标准要

求, 给出了核电站安全级 DCS 系统接地设计的要求和原则, 并结合红沿河安全级 DCS 接地实例作了相关分析。

1 接地要求

核电站安全级 DCS 系统的可靠接地是保证 DCS 安全、可靠运行的重要条件。为了保证 DCS 系统的监测控制精度和安全、可靠运行, 在 DCS 系统接地设计时, 必须严格按照接地相关标准要求设计。安全级 DCS 接地的作用是:

(1) 通过限制不同的电压使之一致来保证相邻和(或)相连设备的运行, 同时保证工作人员的安全;

(2) 为静电屏蔽(例如电缆屏蔽或金属外壳)提供一个稳定的、等电位的电压参考;

(3) 通过低阻抗连接, 将来自或送至建筑物的过电流导入大地。

1.1 标准要求

参考文献[1]分别对 I&C 系统接地和信号电缆屏蔽

接地作了规定。

(1) I&C 系统接地要求

核电站 I&C 系统必须接地,以达到以下目标:在瞬态高电压发生时维持核电站的安全电压;减少设备的浪涌影响至最低限度;提供一个低阻抗的接地故障电流返回路径;提供一个可能在设备上积累的静电荷的低阻抗泄漏通道;通过在不同装置、电路和系统间提供一个宽频带的、相对低阻抗的公共信号参考地,以减小噪音干扰。

(2) 电缆屏蔽接地要求

电缆的安全接地提供了一个双向衰减远端和近端的电磁干扰的路径。同时,接地可以使得两个不同的电路公共端维持在同一个电势上,一般是单端接地。接地点确切的实际位置取决于 EMI 的来源和电路中的最敏感的零件。一般来说,电路的最敏感的零件在电缆的端部位置。

1.2 其他要求

除标准中的接地要求外,不同的核电站数字化系统设计规范文件对接地作了要求。如基于三菱 MELTAC 数字化平台的红沿河 CPR1000 核电站 DCS 项目的规范文件 RPS 中对安全级 DCS 保护系统接地做了规定,具体见接地实例。

2 接地原则

系统应保证良好接地,严格区分不同性质的地,做到不混接,不同性质的地用分干线接入各自的汇流板(或者直接接入总的汇流板),各汇流板用总干线接入公共接地极(网)。

接地系统的电阻必须进行测试,以保证接地能满足控制系统制造商的要求。保护地、屏蔽地及信号地在机柜内测量其对地的接地电阻应小于规定值。

2.1 I&C 系统接地

I&C 系统接地是机柜(或操作盘/台)除了电缆屏蔽层接地之外的全部接地,包括机柜设备的保护地及信号地。I&C 系统接地原理如图 1 所示。

安全级任何机柜(电源柜、控制柜、接线柜及操作台/盘等)都应设置保护接地母线,信号地根据机柜内仪控设备的具体要求进行设置。

2.2 电缆屏蔽接地

(1) 线缆敷设要求

输入输出信号电缆应敷设在带盖的电缆槽中(或穿管敷设),电缆槽道及盖板应保证良好接地。单根信号电缆穿钢管或金属软管敷设,电缆管要保证良好接地。

(2) 屏蔽接地要求

根据标准要求,为了提高信号传输精度和抗干扰能力,电缆的屏蔽层不得浮空,必须接地。其接地应遵循以下原则:屏蔽层接地的原则为一端接地,当信号源浮空时,屏蔽层应在 DCS 侧接地;当信号源接地时,屏蔽层

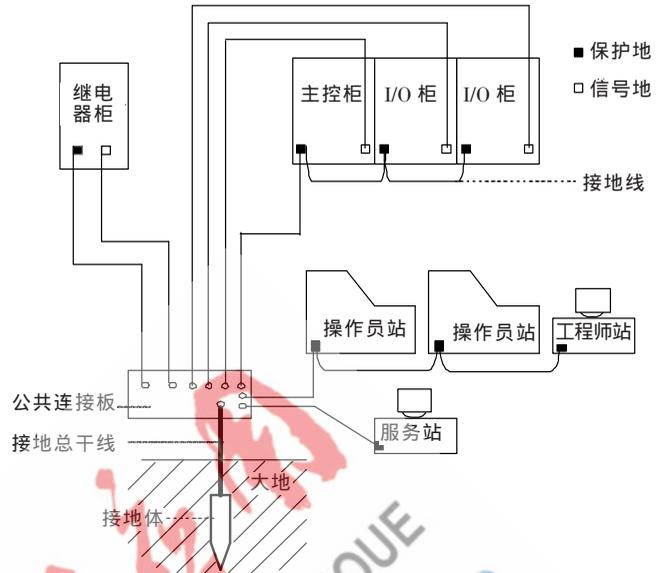


图 1 I&C 系统接地原理图

应在信号源侧接地。当屏蔽电缆途经接线盒分断或合并时,应在接线盒内将其两端电缆的屏蔽层连接。

2.3 DCS 系统接地材料及要求

DCS 系统的保护地和屏蔽地连线应使用铜芯绝缘电线或电缆连接到厂区电气专用接地网或接地体上。当接地连线距离较长、DCS 系统对接地电阻要求较高或接地干线分接的支线数量较多时,宜选用截面积较大的电线电缆。

接地体和接地网干线可以使用钢材,也可选用铜材。如果接地体和接地网干线安装在腐蚀性较强的场所,应根据腐蚀的性质采取热镀锌、热镀锡等防腐措施或适当加大截面。

3 接地设计实例

3.1 红沿河核电站 DCS 简介

红沿河核电机组采用的是中国改进型压水堆核电技术(CPR1000)路线,是中国核动力研究设计院与中广核合作在法国法玛通 M310 技术版本基础之上,在引进、消化、吸收国外先进技术的基础上,结合 20 多年来的渐进式改进和自主创新形成的“二代加”百万千瓦级压水堆,并拥有自主知识产权的核电技术。

红沿河核电站 DCS 由安全级 DCS 和非安全级 DCS 两部分构成,其中安全级采用三菱公司的 MELTAC-Nplus R3 系统,非安全级则采用国产和利时公司的 HOLLiAS MACS 6 系统。MELTAC-Nplus R3 主要完成核安全级保护功能,如反应堆跳闸保护逻辑、专设安全设施驱动和事故后监测等;HOLLiAS MACS 6 主要完成核岛、常规岛非安全级部分和辅助系统的控制及监测功能。安全级 DCS 主要包括反应堆保护柜(RPC)、专设安全设施驱动柜(ESF)、安全逻辑机柜(SLC)、堆芯冷却监视系统(CCMS)及安全级操作显示单元(S-VDU)等。

3.2 红沿河核电站 DCS 接地

除上述标准中对核电站安全级 DCS 接地的规定外,在红沿河核电站安全级 DCS 保护系统设计输入的 DCS 系统需求规格书中规定:

(1)对于安全级仪控系统设备机柜和电缆需要有统一的接地规则,且该接地规则应和核电厂的整体接地规则相一致;

(2)DCS 供应商须在安全级仪控系统机柜内提供设备和信号用的接地极;

(3)安全级仪控系统的所有信号都强制使用屏蔽控制电缆,所有电缆的屏蔽层都要集中在 DCS 机柜的屏蔽接地极接地。

依据标准要求 and 上述电站技术文件要求,红沿河核电站安全级仪控系统的接地方案如图 2 所示。

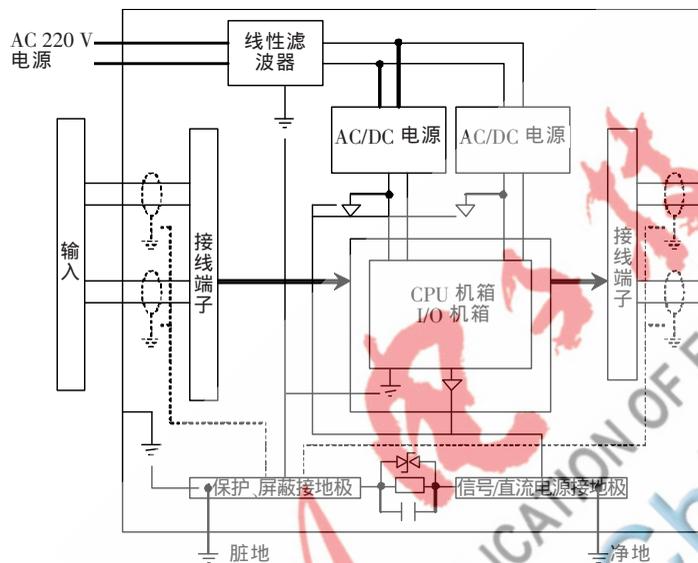


图 2 安全级 DCS 接地图

对于所有的 DCS 系统、设备和电缆要严格按照接地原理图统一接地,以保护人身设备安全,增加电磁屏蔽的效果。

(1)每个机柜有两个系统接地极,分别为脏地接地极和净地接地极。脏地有保护地(机柜柜体、设备接地及交流电源接地)和屏蔽地;净地有信号地和直流电源地。

(2)每个接地极的接地电缆不小于 100 mm^2 。

(3)外部电缆的进线屏蔽接地、电源滤波设备接地连接到脏地接地极。

(4)机柜接地连接到脏地接地极。

(5)信号线和仪表(电子)接地连接到净地接地极。

(6)直流电源地线连接到净地接地极。

核电站全数字化仪控系统的设计在中国仍然是一个新生事物,特别是安全级 DCS 系统设计,其设计依据和标准法规尚不完善。因此在进行安全级 DCS 系统接

地设计时,必须遵循安全级数字化保护系统设计原则,严格依据标准及客户需求,充分参照以往的核电站接地方式,在保证满足系统接地安全基础上,优化系统接地方案,保证各个子系统接地满足要求,以取得更好的设计经济效益和运行效益,为我国核电建设创造良好的环境并积累丰富的设计经验。并把这些宝贵经验反馈到后续将要建设的核电 DCS 系统的设计过程中去,对于形成先进、安全成熟的国产化 DCS 接地技术方案及推进国家核电设计自主化、标准化、系统化有非常重要的作用。

参考文献

[1] IEEE 1050 IEEE-2004, guide for instrumentation and control equipment grounding in generating stations[S].

[2] EJ/T 1065(1998)核电厂仪表和控制设备的接地和屏蔽设计准则[S].

[3] EJ/T 649(1992)核电厂电缆系统设计与安装准则[S].

[4] Q/GLHJ-000001-2008,核电厂数字化仪控系统(DCS)技术要求,北京广利核系统工程有限公司企业标准[S].

[5] 张冬冬,蒙海军.红沿河核电站安全级 DCS 控制系统设计电力建设[J].电力建设,2009(6),66-68.

[6] 王常力,罗安.分布式控制系统(DCS)设计与应用实例[M].北京:机械工业出版社,2010.

(收稿日期:2012-05-04)

作者简介:

孙洪涛,男,1978年生,硕士,高级工程师,主要研究方向:核电站反应堆保护系统安全级 DCS 系统。