

Discussion on the Introduction of SIEMENS S7-400 PLC Grounding Mode

Liqiong Wang Jianxin Bao

Sinopec Shijiazhuang Refining & Chemical Company, Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract

In the field of industrial automation control, programmable logic controllers (PLC) have an irreplaceable position. In this paper, different modes and measures of grounding system for SIEMENS S7-400 PLC, instrumentations and DCS are introduced, especially the problems in PLC applications have been extensively analyzed, combining actual application examples, it shows that grounding is of great significance to the smooth operation of PLC system.

Keywords

PLC; instrumentation; DCS; grounding

浅谈西门子 S7-400 PLC 系统的接地方式

王丽琼 鲍建欣

中国石化石家庄炼化分公司, 中国·河北 石家庄 050000

摘 要

PLC 在工业自动化控制领域中具有不可或缺的地位。论文详细介绍了 S7-400 系列 PLC、仪表及 DCS 系统接地的分类及不同的接地方式, 尤其是对 PLC 应用中的问题进行了广泛的分析, 结合实际应用实例说明接地对 PLC 系统的平稳运行有着十分重要的意义。

关键词

PLC; 仪表; DCS; 接地

1 概述

随着由于大功率电机、变频器等设备的增多以及现场总线、工业网络等新技术的应用, 控制系统的电磁兼容 (EMC) 问题也越来越普遍。其实出现的电磁兼容问题多数都涉及信号屏蔽、滤波以及接地, 而信号屏蔽、滤波都是靠接地来实现的。因此, 研究控制系统的接地方式非常有必要。西门子 S7-400 系列 PLC 在石家庄炼化应用十分广泛, 所以论文以西门子 S7-400 系列 PLC 控制系统为例, 探讨了笔者对 PLC、仪表和 DCS 接地方式的一些看法。

2 系统接地

将系统或装置的某一部分经接地线连接到接地极称为接地, 连接到接地极的导线称为接地线, 接地极与接地线合成为接地装置, 若干接地体在大地上互相连接则组成接地网。接地线又分为接地干线和接地支线, 电力系统中接地的点一般是中

性点。装置的接地部分为外露可导电部分, 它是装置中能被触及的可导电部分, 它正常时不带电, 故障情况下可能带电。

接地是为保证电气设备正常工作和人身安全而采取的一种安全措施, 是通过金属导线与接地装置连接, 而接地装置将电气设备和其他生产设备上可能产生的漏电流、静电荷以及雷电电流等引入地下, 从而避免人身触电和可能发生的火灾、爆炸等事故来实现的。在自动化设备现场, 通常将接地分为保护接地、工作接地、屏蔽接地、本安接地以及防雷接地等。

2.1 保护接地

将电气设备的金属外壳 (正常情况下不带电) 用导线与接地体连接起来的一种保护接线方式, 防止在设备绝缘损坏或意外情况下金属外壳带电时可能引起的强电流通过人体, 用以保证人身安全。

一般要求保护接地电阻应小于 4Ω 。

流都被释放到大地中去。

在S7-400PLC的安装底板的最左侧,有一个金属连接片,同时左下角还有一个接地端子。正常情况下将接地端子接地后,系统通过金属连接片实现了系统内部参考电位M(0V)通过金属连接片进行接地。默认情况下S7-400PLC系统均采用该接地方式,如图2所示。

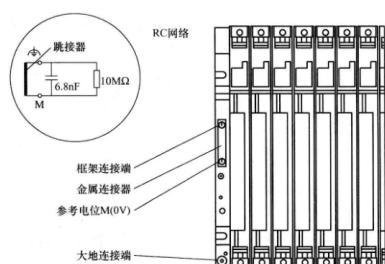


图2-25 具有参考接地电位的S7-400 PLC结构

图2 具有参考接地电位的S7-400 PLC结构

(2) 没有参考接地电位(浮地方式)

如果在一个大型设备中,需要对地线的故障进行检测(例如,在化学工业或电站项目中,常有这样的要求),则需要采用浮地的方式,此时须将金属片拆除。

在浮地系统中,由于底板上参考接地电位M和“地”之间的金属片被拆掉,此时S7-400PLC的参考电位M是通过RC网络后才接大地接地端的。此时将左下角的接地端子进行接地处理后,可通过RC回路释放扰动电流,并可避免静电荷的产生。

注意应在导轨上安装设备之前首先设置未接地参考电位。如果以及安装并用导线连接了CPU,则在拔出接地滑动触点前需要断开MPI接口。

3.2.3 IO模板的接地要求

(1) 数字量模板的接地要求

S7-400系列的数字量输入输出模板并不需要特殊额外的接地处理,只是对于提高系统的EMC特性来讲,需要注意以下几点。

①数字量输入输出的导线长度要求:1000m屏蔽线,600m非屏蔽线。

②屏蔽电缆处理屏蔽层时请注意始终用金属夹夹住编制带屏蔽层。保证大面积的接触屏蔽层,并提供适当的接触压力。

(2) 模拟量模板的接地要求

①模拟量信号线采用屏蔽电缆。

②模拟量信号线尽量短。模拟量输入最长200m屏蔽线。

③屏蔽层做接地处理,建议采用单端接地,并在模板侧单端接地。

4 S7-400H的接地要求

S7-400H系统是S7-400的冗余控制系统,通过硬件冗余实现系统的高可靠性。由2套S7-400系列PLC控制器构成,其中1台控制器运行,另1台控制器同步备用^[4]。通过将发生中断的单元自动切换到备用单元的方法,实现控制系统的不中断工作。

4.1 S7-400H的接地要求

S7-400H系统的接地要求与S7-400的接地要求一致。

ET-200M机架和IM153-2机架的接地要求与系统主机架相同。西门子系统的PE既做保护地,同时也作为系统工作的基准电位,所以PE同时承担了系统基准点的功能,PE接地的好坏直接影响系统的稳定性。因此,建议系统柜内的接地汇流条选用镀锡铜排,接地线也应压好电缆接头。

4.2 接地电阻要求

从仪表设备的接地端子到总接地板之间的导体及连接点电阻的总和称为连接电阻。仪表系统的接地连接电阻不应大于1欧姆^[5]。

接地极的电位与通过接地极流入大地的电流之比称为接地极对地电阻。接地极对地电阻和总接地板、接地总干线及接地总干线两端的连接点电阻之和称为接地电阻。仪表系统的接地电阻不应大于4Ω。

表1 推荐接地线的颜色

用途	颜色
保护接地的接地连线、汇流排、分干线、汇总板、干线	绿色
信号回路和屏蔽接地的接地连线、汇流排、分干线、工作接地汇总板、干线	绿色+黄色
本安接地分干线、汇流条	绿色+黄色
总接地板、接地总干线、接地极	绿色

其中,接地连接线规格同仪表接地。

5 仪表及DCS的接地

5.1 仪表及DCS的接地设计要求

5.1.1 接地系统组成

DCS接地系统由接地连接和接地装置两部分组成。

接地连接包括:接地连线、接地汇流排、接地分干线、

接地汇总板、接地干线。

接地装置包括：总接地板、接地总干线、接地极。

5.1.2 接地系统要求

仪表及控制系统的接地连接采用分类汇总、最终与总接地板连接的方式。交流电源中线在起始端应与接地极连接。

当电气专业已经把建筑物（或装置）的金属结构、基础钢筋、金属设备、管道、进线配电箱 PE 母排、接闪器引下线形成等电位连接时，仪表系统各类接地也应汇接到该总接地板，实现等电位连接，与电气装置合用接地装置与大地连接^[3]。

在各类接地连接中严禁接入开关或熔断器。

5.2 仪表系统接地原则

5.2.1 接地原则

在控制室内应分别安装工作接地汇总排和保护接地汇总排，并采用绝缘支架安装。

控制室内的汇流总排应直接引到总接地排，而不应由 MCC（电机控制中心）室串接后引到总接地排。

在每个控制柜内单独设置保护接地和屏蔽接地汇流条，截面积在 25mm*4mm 以上。仪表的信号回路接地（工作地）可借用保护接地的汇流条。

在仪表的回路接地（工作地）和保护地公用的情况下，PLC 系统柜的保护接地要单独引至总接地排。

5.2.2 接地连接线规格

接地系统的导线应采用多股绞合铜芯绝缘电线或电缆^[5]。

接地系统的导线应根据连接仪表的数量和长度按以下数值选用。

接地连线 > 2.5~4.0mm²

接地分干线 > 16~35 mm²

接地干线 > 35~75 mm²

接地总干线 > 75~180 mm²

5.3 DCS 的接地要求

大量的现实实践证明，采用“浮地”方式的 DCS 的故障率反而高于“接地”系统，因此推荐除了特殊的工况外，均采用“接地方式”。

6 接地故障处理案例

下面以某化工厂 PLC 系统接地问题导致的 CPU 停机故障为例说明接地的重要性。

6.1 现场问题描述

2017 年 9 月 30 日发生左侧 CPU 指示灯全闪，右侧 CPU 为正常运行状态。通过对左侧 CPU 重新上电操作后，系统恢复正常运行。

2018 年 4 月 2 日发生右侧 CPU 指示灯全闪，左侧 CPU 处于正常运行状态，同步模块指示灯显示正常，查看 CPU 故障诊断缓冲区发现，CPU 内存存在可恢复性错误，系统因找不到组织块 OB84 导致停机。在程序中增加 OB84 块下载，将右侧 CPU 电源模块断电重启后，大约 10min 左右，CPU 正常运行。

2018 年 6 月 19 日左侧 CPU 指示灯全闪，右侧 CPU 正常运行，检查 CPU 诊断信息为内存出错，重新将 CPU 断电重启后，CPU 恢复正常运行。

2018 年 6 月 24 日两个 CPU 指示灯全闪导致整个系统死机，分别将两个 CPU 断电重启并将运行开关由运行拨到停止多次，仍然无法正常启动，当时感觉两个 CPU 有点热，于是分别将两个 CPU 从机架上拆下，在空调处吹凉后，重新安装到机架上。然后，将 CPU 上电并将项目重新下载后，两个 CPU 恢复正常的冗余运行状态。

CPU 上所有指示灯均以 2HZ 频率闪烁含义如下图所示：

LED		含义
RUN	STOP	
亮	熄灭	CPU 处于 RUN 模式。
熄灭	亮	CPU 处于 STOP 模式。未执行用户程序。可以冷启动/重启。如果 STOP 状态是由某个错误触发，错误指示灯 (INTF 或 EXT F) 也会被置位。
闪烁 2 Hz	闪烁 2 Hz	CPU 处于 DEFECTIVE 模式。所有其它 LED 灯均以 2 Hz 的频率闪烁。

通过查看 CPU 故障诊断缓冲区，发现主要有如下几种故障信息：

OB84

Event 12 of 120: Event ID 16# 3583
Accumulation of detected and corrected memory errors
Not user-relevant (Z1): F802
Requested OB: CPU hardware fault OB (OB84)
OB not found, or disabled, or cannot be started in the in the current operating mode
Internal error, Incoming event
01:03:36.859 PM 03/26/2018

OB72

Event 49 of 120: Event ID 16# 3583
Accumulation of detected and corrected memory errors
Not user-relevant (Z1): F002
Requested OB: CPU hardware fault OB (OB84)
OB not found, or disabled, or cannot be started in the in the current operating mode
Internal error, Incoming event
04:01:25.919 AM 03/26/2018

OB72

Event 42 of 120: Event ID 16# 7301
Loss of redundancy (2oo2) due to CPU failure
CPU affected: Standby CPU in rack 0
Event: Standby CPU: Change from redundant mode to error-search mode
Requested OB: CPU redundancy error OB (OB72)
Priority class: 28
Incoming event
10:39:59.987 AM 03/26/2018

OB81

Event 105 of 120: Event ID 16# 3925
BATTF: at least one backup battery failed on a redundant central rack
detected in Standby CPU in rack 0
Requested OB: Power supply error OB (OB81)
OB not found, or disabled, or cannot be started in the in the current operating mode
External error, Incoming event
10:48:49.967 PM 08/27/1994

上述故障信息含义如下:

电源模块故障(不是电源故障)	在中央或扩展机架中: • 电源模块中至少一个备用电池电量过低。 • 丢失备用电压。 • 电源模块的24 V电源发生故障。	调用OB 81 如果未装载 OB: CPU 保持 RUN 模式。	EXTF
冗余错误中断	• CPU 冗余丢失 • 备用站主站切换 • 同步错误 • 同步模块错误 • 更新过程取消 • 比较错误(例如 RAM、PAA)	调用 OB 72 如果未装载 OB: CPU 保持 RUN 模式。	EXTF
CPU 硬件故障	• 检测到存储器错误并排除 • 在 V6.0 以下组态中: 冗余链接的数据传输错误。	调用 OB 84 如果未装载 OB: CPU 保持 RUN 模式。	INTF

在下列情况下, CPU 中的 OS 将调用 OB84:

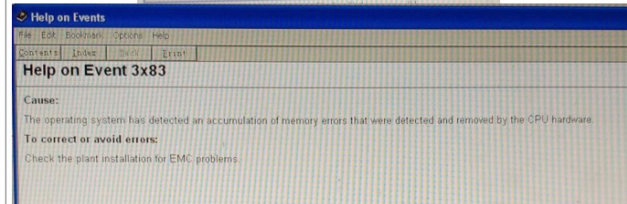
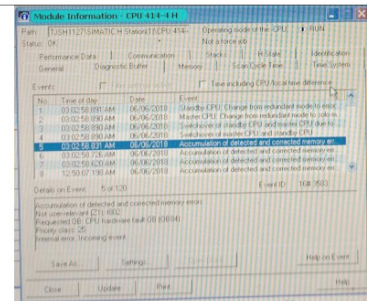
- 已检测到并更正了内存错误之后
- 组态最高(包括) V4.5 版本的 H CPU: 如果两个 CPU 之间的冗余链接的性能下降
注意: 当组态从 V6.0 版本起的 H CPU 时, 在 CPU 之间的冗余耦合性能下降时调用诊断中断 OB (OB82)。
- 对于 S7-400H: 如果两个 CPU 之间的冗余链接的性能下降

3. 现场问题分析

Problem Analysis

导致此类故障的原因大致有以下几个方面:

- ✓ 供电系统质量不稳定: 与大功率负载共用一路电源, 存在高次谐波干扰;
- ✓ 接地系统质量不好: 电磁干扰导致 CPU 死机和通讯模块故障;
- ✓ 整个控制系统的安装施工没有按照 EMC 规范要求: 供电、接地、布线、屏蔽、等电位等;
- ✓ 运行环境不符合要求: 环境温度超出模板正常工作范围, 空气中存在大量的导电粉尘或腐蚀性气体;
- ✓ CPU 存储卡存在缺陷;
- ✓ CPU 和通信模板的固件版本不是最新版本;



通过检查现场控制柜发现如下问题:

- 控制柜内的接地铜排通过绝缘端子安装到柜体上, 即铜排与柜体隔离;
- 铜排老化, 地线与铜排连接处锈迹斑斑, 处于常年失修状态, 导致地线的接触电阻增大;
- 接地铜排到机架接地端子的地线为 1.5mm²;

4. 现场问题处理步骤

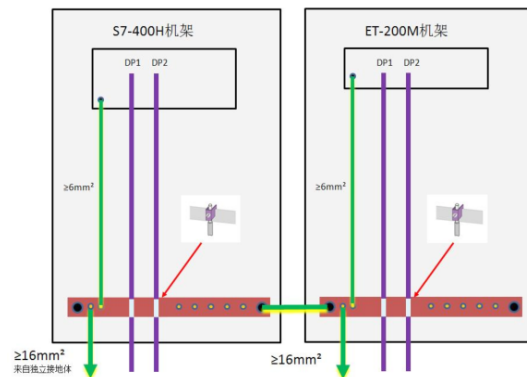
Problem Solving Steps

西门子控制系统对供电系统要求采用 TN-S 系统, 即三相五线制供电, 分别引出 L1, L2, L3, N, PE。N 为工作零线, PE 为专用保护接地线。PLC 柜体、PLC 机架、PROFIBUS 通讯电缆屏蔽层都要连接到 PE 上。由于三相不平衡问题, 会导致 N 线上有电流存在; 因为 N、PE 线独立专用, 所以平时 PE 不导电, 系统安全性会更好。

5. 处理结果

Final result

建议用户将所有控制柜内的铜排更换成全新的接地铜排, 通过大于 16mm²导线连接到总的接地排上; 每个控制柜内的铜排互相连接且连接导线大于 16mm²。接地电阻及接地要求参考计算机接地设计规范。柜内接地要求见下图所示:

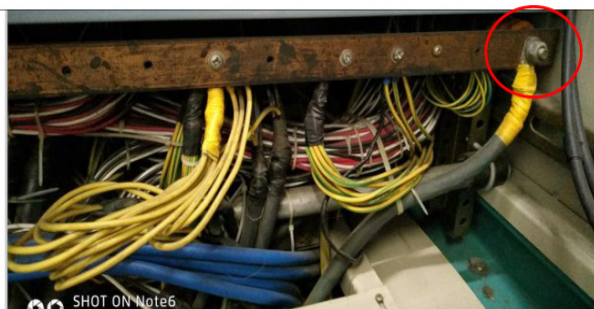


- ✓ 供电系统要求零、地分开, 零排于柜体绝缘(通过绝缘端子)。地排于柜体接触良好。
- ✓ PROFIBUS 通讯电缆与动力电缆必须分开布线;
- ✓ 通讯电缆进、出柜处通过专用屏蔽夹压接到柜内接地铜排上;
- ✓ 总线接头内电缆屏蔽层与接头金属片压接良好且无屏蔽层外露;
- ✓ 总线电缆弯曲半径不能小于 150mm;
- ✓ 从接地极到柜内接地铜排的接地引线≥16mm²;
- ✓ 柜体之间的接地铜排连接≥16mm²;
- ✓ S7-400 PLC 机架接地引线≥6mm²;
- ✓ ET-200M 机架接地引线≥6mm²;
- ✓ 接地铜排于柜体必须具有良好接触, 不能通过绝缘端子安装到柜体上;
- ✓ 平时巡检时注意检查接地螺丝压接是否良好, 不能有松动和腐蚀发生;
- ✓ 整个控制系统所有的直流 24V DC 电源的 M 都统一接到地排上;
- ✓ 每半年要通过接地摇表检查一次系统接地电阻是否合乎要求。

✓设备检修时要检查接地螺丝是否有松动。

✓现场远程站控制柜(ET-200M)中的 SITOP 电源 M 端子接地。

✓将 CPU 固件版本升级到当前最新版本 FW4.0.12



项目维保工程师将用户建议提交给用户后,用户进行了电源供电和接地线路的整改,并更换了新的CPU后,系统运行至今没有发生异常。

7 结语

由于西门子PLC系统接地的特殊性,PE即作为保护地,又作为ET-200M的工作地参考点,因此PE的接地可靠性非常重要。虽然系统表面上能正常运行但由于系统接地不符合西门子PLC设计规范,造成长时间的静电大量积累在机架或CPU上,导致无法释放。当积累到一定程度严重干扰了CPU的正常冗余运行。轻则导致一个CPU下线停机,重则导致两个CPU下线停机。当将CPU断电重启或从机架上拆下后,CPU没有损坏的情况下,CPU内部的静电得以释放,可以恢复正常运行。如果长期的静电积累完全可能导致CPU损坏。

因此,建议西门子PLC系统的接地要严格按照西门子的接地规范实施,建议供电采用TN-S系统。西门子PLC或西门子DCS系统参考电位M(工作地)必须接到机柜内的PE汇流条,信号电缆的屏蔽层接到工作接地排。

参考文献

- [1] 西门子(中国)自动化与驱动集团.深入浅出西门子S7-300 PLC[M].北京:北京航空航天大学出版社,2018.
- [2] 王常力,罗安.分布式控制系统(DCS)设计与应用实例(第3版)[M].北京:电子工业出版社,2010.
- [3] 乐嘉谦.仪表工手册[M].北京:化学工业出版社,2004.
- [4] 杨光.西门子自动化系统接地指南[M].北京:机械工业出版社,2016.
- [5] 冀东油田勘察设计院.SH T3081-2003石油化工仪表接地设计规范[S].2012.