

PLC 控制系统的干扰源分析及抑制干扰对策

张存礼

(济宁职业技术学院 机电系, 山东 济宁 272037)

摘要: 可编程逻辑控制器(PLC)控制系统的可靠性直接影响到工业企业的安全生产和经济运行,而系统的抗干扰能力是整个系统可靠运行的关键。论述了 PLC 控制系统中的干扰源主要来自空间辐射、系统外引线、PLC 系统内部 3 个方面,并分析了这些干扰在控制系统中的影响,提出了几种抗干扰的主要措施,即电源部分的拦截、采用合适的电缆以及电缆的正确敷设、完善而合理的接地系统以及软件解除干扰。

关键词: 可编程逻辑控制器; 干扰源; 抗干扰

中图分类号: TM 762.1+2

文献标识码: A

文章编号: 1006-6047(2006)08-0008-04

在工业控制领域,可编程逻辑控制器(PLC)作为一种稳定、可靠的控制器应用越来越广泛^[1-2]。PLC 控制系统可靠性直接影响到工业企业的安全生产和经济运行,而系统抗干扰性能的优劣是关系到整个系统可靠运行的关键。由于 PLC 大多处在强电路和强电设备附近,电磁环境恶劣,系统容易受到干扰。所以,对 PLC 控制系统的干扰源进行分析,研究抑制干扰的对策,已成为现代自动控制系统中必不可少的内容。

1 PLC 系统中的主要干扰源^[3-6]

影响 PLC 控制系统的干扰源大多产生在电流或电压剧烈变化的环境中,在这个环境,由于电流或电压的剧烈变化,又会使周围的电荷剧烈移动,从而形成噪声源,即干扰源。通常,按干扰模式的不同,干扰源可分为共模干扰和差模干扰 2 种。共模干扰是信号对地的电位差,主要由电网串入、地电位差及空间电磁辐射在信号线上感应的共态(同方向)电压迭加所形成。共模干扰可为直流、也可为交流。差模干扰是指作用于信号两极间的干扰电压,主要由空间电磁场在信号间耦合感应及由不平衡电路转换的共模干扰所形成的电压。

1.1 来自空间辐射的干扰

空间的辐射电磁场(EMI)主要是由电力网络、电气设备的暂态过程、雷电、无线电广播、电视、雷达、高频感应加热设备等在系统中产生的静电感应或电磁感应引起,通常称为辐射干扰。这种干扰往往是突发性的瞬时干扰,不仅会引起系统的误动作、失调、不稳定等问题,而且还会导致系统失灵,严重时甚至损坏系统。这种干扰主要通过 2 条路径对系统产生影响:一是直接对 PLC 内部的辐射,由电路感应产生干扰;二是对 PLC 通信内网络的辐射,由通信线路的感应引入干扰^[1]。

1.2 来自系统外引线的干扰^[3,5-8]

来自系统外引线的干扰主要通过电源和信号线引入,通常称为传导干扰。这种干扰在我国工业现场较为严重,主要有 3 种。

1.2.1 来自电源的干扰

PLC 系统的正常供电电源均由电网供电。由于电网覆盖范围广,它将受到所有空间电磁干扰在线路上的感应电压和电流。尤其是电网内部的变化,如开关操作浪涌、大型电力设备启停、交直流传动装置引起的谐波、电网短路暂态冲击等,都通过输电线路传到电源原边,对 PLC 系统造成干扰。

1.2.2 来自信号线引入的干扰

与 PLC 控制系统连接的各类信号传输线,除了传输有效的各类信息之外,总会有外部干扰信号侵入。此干扰主要有 2 种途径:一是通过变送器供电电源或共用信号仪表的供电电源串入的电网干扰,这往往被忽视;二是信号线受空间电磁辐射感应的干扰,即信号线上的外部感应干扰,这是很严重的。

由信号引入的干扰会引起 I/O 信号工作异常和测量精度大幅降低,严重时将引起元器件损伤。对于隔离性能差的系统,还将导致信号间互相干扰,引起共地系统总线回流,造成逻辑数据变化、误动作和死机。PLC 控制系统因信号引入干扰而引起系统故障的情况屡见不鲜。

1.2.3 来自接地系统混乱时的干扰

接地是提高电子设备电磁兼容性(EMC)的有效手段之一。正确的接地,既能抑制电磁干扰的影响,又能抑制设备向外发出干扰;而错误的接地,反而会引入严重的干扰信号,使 PLC 系统无法正常工作。

PLC 控制系统的地线包括系统地、屏蔽地、交流地和保护地等。接地系统混乱对 PLC 系统的干扰主要是各个接地点电位分布不均,不同接地点间存在地电位差,引起地环路电流,影响系统正常工作。例如,电缆屏蔽层必须一点接地,如果电缆屏蔽

层 A、B 两端都接地,就存在地电位差,有电流流过屏蔽层,当发生异常状态如雷击时,地线电流将更大。此外,屏蔽层、接地线和大地有可能构成闭合环路,在变化磁场的作用下,屏蔽层内有时会出现感应电流,通过屏蔽层与芯线之间的耦合,干扰信号回路。

若系统地与其他接地处理混乱,所产生的地环流就可能在地线上产生不等电位分布,影响 PLC 内逻辑电路和模拟电路的正常工作。PLC 工作的逻辑电压干扰容限较低,逻辑地电位的分布干扰容易影响 PLC 的逻辑运算和数据存贮,造成数据混乱、程序跑飞或死机。模拟地电位的分布将导致测量精度下降,引起对信号测控的严重失真和误动作。

1.3 来自 PLC 系统内部的干扰

这种干扰主要来源于系统内部元器件及电路间的相互电磁辐射,如逻辑电路相互辐射以及对模拟电路的影响,模拟地与逻辑地的相互影响及元器件间的相互不匹配使用等。这就要求 PLC 制造厂在设计制造 PLC 系统时,要充分考虑到消除干扰,提高系统稳定性的问题;另外,作为应用部门,在应用时,也应注意选择经过实际应用考验的 PLC 系统。

2 抑制干扰的主要措施

为了保证系统在工业电磁环境中免受或减少内、外电磁干扰,必须在设计和施工中采取有效的抑制措施。抑制干扰的基本原则是:抑制干扰源,切断或衰减电磁干扰的传播途径,提高装置和系统的抗干扰能力。

2.1 电源部分的拦截是抗干扰的重点

空间辐射干扰与现场设备布置及设备所产生的电磁场大小和频率有关。据美国的试验和运行经验表明,当空间磁场强度达到 3×10^{-6} T 时,将会导致计算机误动作、误算,当空间磁场强度达到 2.4×10^{-4} T 时,将会导致计算机永久性的损坏^[4,9-10]。

对来自空间辐射的干扰在 PLC 系统中反映最严重的是大气过电压产生的强电场和强磁场,其中包括直接雷电产生的过电压和电力网络、电气设备的暂态过程以及线路其他物体静电感应或电磁感应所引起的过电压。

测控系统的 ~220 V 由企业提供,企业的配电装置中的避雷器和设置的各种屏蔽措施虽说极大削弱了上述过电压的威力,但仍会有较高的残压尖脉冲通过 PLC 系统的供电电源(如 CPU 电源、I/O 电源等)、变送器供电电源和与 PLC 系统具有直接电气连接的仪表供电电源等耦合引入系统。为此电源部分的拦截是抗干扰的重点。实践证明,采用以下措施能有效地抑制来自空间的辐射干扰。

2.1.1 电源部分的拦截

电源部分的拦截如图 1 所示,交流部分加接 1 只 1:1 的防雷隔离变压器(耐压 3 500 V 以上),它的初级接企业的 ~220 V 电源;次级的 ~220 V 供给测

控系统。1:1 的隔离变压器仅实现了电的隔离,抗干扰的效果并不显著,为此必须在初/次级皆并联 1 只氧化锌压敏电阻 R_M ,能有效地抑制从电源途经窜入的雷电波。压敏电阻的工作原理是:在正常工作电压(外加电压低于临界电压值),它呈高阻态,仅有 μA 数量级的电流流过,相当于开路状态,当有过电压(当电压达到其临界值以上)时,它即迅速变成低电阻(响应速度 10^{-9} s),电阻急剧下降,电流急剧上升,过电压以放电电流的形式被其吸收掉。当浪涌过电压过后,电路电压恢复到正常工作电压,压敏电阻又恢复到高阻态。

压敏电阻电压 U_m 的选取原则为

$$U_m = 2.2 U_{AC}$$

其中, U_{AC} 为交流工作电压的有效值。若 $U_{AC} = 220$ V, $U_m = 484$ V,在图 1 中可选 470 V 或 510 V 型号为 MY-470/1 或 MY31-510/1 均可。

2.1.2 半浮空与泄放技术

一般的 PLC 系统和计算机系统对来自空间辐射干扰的抑制是设置屏蔽电缆、PLC 局部屏蔽和半浮空与泄放技术进行保护。

半浮空技术,即机壳接保护地,印刷电路板(PCB)上的系统地悬空是测控系统较好的接地方式。对于主控部分(包括 CPU、ROM、RAM、I/O、AD 等)的 PCB 板,宜在系统地与保护地之间跨接 1 只性能优良的电容 C (约 $1 \mu F$)与 1 只高阻值的电阻 R (约 $2 \sim 4 M\Omega$),如图 2 所示。

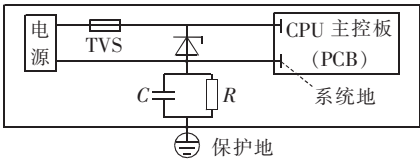


图 2 半浮空与泄放电路示意图

Fig.2 Sketch diagram of half-floating and discharge circuit

图中,瞬变电压抑制器 TVS (Transient Voltage Suppressor),在反向应用时与压敏电阻一样,TVS 承受瞬时脉冲电流峰值可达数百安培,而嵌位时间比压敏电阻快(从 0 上升到击穿电压最小值仅 1×10^{-12} s),TVS 器件电压从 3~700 V 可选,功率从 300 W~100 kW 可选,其嵌位电压值和标称电压值的选择公式为

$$\text{嵌位电压值 } U_{clamp} = 1.56 U_N$$

$$\text{标称电压值 } U_s \geq [\sqrt{2} \times U_{op}(1+du)/0.9]$$

式中 U_N 为电路额定直流电压; U_{op} 为工作电压(有效值); du 为相对电压变化。

电容 C 有隔直作用,对脉冲波有泄放功能;电阻 R 的阻值很大,正常情况下,它相当于断开状态,当 C 上有静电积累时,能提供放电回路。 C 与 R 的值由现场调试决定。

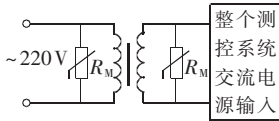


图 1 防雷隔离变压器结构图

Fig.1 Structure of lightning-proof isolation transformer

2.2 采用合适的电缆及电缆的正确敷设

在信号电缆的选择上,要从实用、经济和抗干扰考虑。现在标准型号应用普遍,采用 0.75 mm^2 的两芯带屏蔽双绞线就能很好地满足要求。但信号线在敷设时要注意几点。

a. 不同类型的信号要分别由不同的电缆传输,信号电缆应按传输信号种类分层敷设。

b. 模拟信号和数字信号不能合用同一根多芯电缆,更不能和电源线共用电缆。

c. 信号线缆要用一根完整的电缆,杜绝接头。

d. 信号线缆要远离大功率电机等感性负载。

e. 信号线缆和电源线缆不能放在同一线槽里,且要避免近距离平行敷设。如果必须放在一起,两者之间的距离要尽可能的远,要大于 60 cm ,并在两者之间加放隔板,还要将信号线装入镀锌金属管中。

2.3 完善而合理的接地系统是抗干扰的有效措施

接地的目的除为了安全外,还有一个就是抗干扰。因此,完善的接地系统是 PLC 控制系统消除电磁干扰的有效措施。

2.3.1 工作接地

控制柜要用绝缘板与地面隔离,工作接地要与保护接地严格分开。连接模拟信号的电缆屏蔽层不应该在电缆两端(仪表端或被控设备端和控制柜接线端)都接地,这是因为当信号电缆两端存在电位差时,搭接的等位电流将通过屏蔽层进入模拟回路从而形成共模干扰,所以电缆屏蔽层只能一端接地,具体接地方法是输入检测信号线的屏蔽层要在信号接收端(控制柜)接地,输出控制信号线的屏蔽层要在被控设备处进行接地,这样可以把信号传输过程中产生和收到的干扰排除掉。如果还有干扰,就需要考虑加电容滤波,或者通过信号光电隔离器,对信号进行更好的抗干扰处理。

2.3.2 系统接地

对 PLC 控制系统而言,它属高速低电平控制装置,应采用直接接地方式。由于信号电缆分布电容和输入装置滤波等的影响,装置之间的信号交换频率一般都低于 1 MHz ,所以 PLC 控制系统接地线采用一点接地和串联一点接地方式。集中布置的 PLC 系统适于并联一点接地方式,各装置的柜体中心接地点以单独的接地线引向接地极。

如果装置间距较大,应采用串联一点接地方式。用一根大截面铜母线(或绝缘电缆)连接各装置的柜体中心接地点,然后将接地母线直接连接接地极。接地线采用截面大于 22 mm^2 的铜导线,总母线使用截面大于 60 mm^2 的铜排。接地极的接地电阻小于 $2\text{ }\Omega$,接地极最好埋在距建筑物 $10\sim 15\text{ m}$ 远处(或与控制器间不大于 50 m),而且 PLC 系统接地点必须与强电设备接地点相距 10 m 以上。

但最好不要与其他电器共地。因为当三相负载不对称时,不平衡电流通过电源地引起地电位升高,并对计算机造成干扰,使系统运行不稳定;还有

当电力设备接地短路时,电力设备接地装置升高的电位对电子设备的“反击”过电压极易损坏 PLC。

2.3.3 信号源接地

信号源接地时,屏蔽层应在信号侧接地;不接地时,应在 PLC 侧接地;信号线中间有接头时,屏蔽层应牢固连接并进行绝缘处理,一定要避免多点接地;多个测点信号的屏蔽双绞线与多芯对绞总屏电缆连接时,各屏蔽层应相互连接好,并经绝缘处理,选择适当的接地处单点接地。

2.3.4 抗共模、差模干扰措施

信号接入计算机前,在信号线与地间并联电容,以减少共模干扰;在信号两极间加装滤波器可减少差模干扰。

2.4 软件解除干扰

软件解除干扰是在计算机程序中采用某种计算方法对信号进行数学处理,以便减少或消除干扰信号的数量和强度,提高输入信号的可靠性。软件方法可在不增加投资的前提下达到减少干扰的目的,软件方法的实质是通过某种数字滤波的方法对干扰信号进行滤波。现在计算机水平的飞速提高,使得通过程序方法减少干扰变得可行。常用的数字滤波方法是:平均值滤波、中位值滤波^[1]、限幅滤波和惯性滤波等。数字滤波稳定性高,参数容易修改,做成子程序可被其他程序多次调用。但是当回路较多时要考虑程序处理时间过长,使主程序不能在执行周期内执行完,不能完成控制任务。

3 结语

随着自动化程度的进一步发展,自动控制在生产中的作用越来越大,但是如果因为干扰的原因导致自动控制的效果不好或根本不能控制,就有悖于设计者和用户的初衷。所以一个系统的实施必须要考虑到干扰可能带来的影响以及采取必要的抗干扰措施。最好是将干扰抑制在发生前,如果干扰不能避免就必须从传播途径或用其他方法抑制干扰。各个车间和工厂的情况都是不同的,在实践中必须善于发现并根据不同的情况解决问题。只有这样才能发挥自动控制的优越性。

参考文献:

- [1] 李俊秀. 可编程控制器应用技术[M]. 北京:化学工业出版社, 2002.
- [2] 王维, 亚梁俊. 可编程控制器应用[M]. 南宁:广西教育出版社, 2000.
- [3] 赵俊生, 唐义峰, 朱玉霞. 炼钢除尘烟尘温度自动控制系统的抗干扰技术[J]. 电工技术, 2004(12): 45-47.
ZHAO Jun-sheng, TANG Yi-feng, ZHU Yu-xia. Anti-interference technology of steel-making dust removing automatic temperature control system[J]. Electric Technology, 2004(12): 45-47.
- [4] 关建民. 发电厂信息系统的防雷保护[J]. 电工技术杂志, 2003(9): 34-36, 56.
GUAN Jian-min. Lightning protection of power plant informa-

tion system[J]. Electrotechnical Journal,2003(9):34-36,56.

[5] 王锦标,方崇智. 过程计算机控制[M]. 北京:清华大学出版社,1999.

[6] 马西秦. 自动检测技术[M]. 北京:机械工业出版社,1999.

[7] 于刚,何金良,茆必成,等. 开关操作状态电压对变电所二次电缆的电磁干扰[J]. 电工技术杂志,2002(12):19-25.

YU Gang,HE Jin-liang,MAO Bi-cheng,et al. Electromagnetic interference with in secondary cable two of substation generated by switching transient[J]. Electrotechnical Journal,2002(12):19-25.

[8] 梁景凯. 机电一体化技术与系统[M]. 北京:机械工业出版社,1996.

[9] 温程璐,李季. 线材在线光电检测系统的抗干扰分析与措施[J]. 中国仪器仪表,2004(11):39-41.

WEN Cheng-lu,LI Ji. Anti-interference analysis and measurement of automatic measuring line dimension system[J]. China Instrumentation,2004(11):39-41.

[10] 陈慈萱. 过电压保护原理与运行技术[M]. 北京:中国电力出版社,2002.

[11] 柯赫振. 硬件和软件结合提高微机保护抗干扰能力的措施[J]. 电气应用,2005(5):17-20.

KE He-zhen. The hardware and software combined measure of enhancing the anti-interference capability of microcomputer safe-devices[J]. Electrotechnica,2005(5):17-20.

[12] 陈天华. PLC 宽带通信技术及电磁辐射研究[J]. 电力自动化设备,2005,25(7):28-31.

CHEN Tian-hua. Research on PLC broadband access technology and is electromagnetic radiation[J]. Electric Power Automation Equipment,2005,25(7):28-31.

(责任编辑:汪仪珍)

作者简介:
张存礼(1956-),男,山西五台人,副教授,中国管理科学研究院特约研究员、电子工业出版社高职教材编委,研究方向为电力、电子与电气系统抗干扰(E-mail:cunlizhang@163.com)。

Interference source analysis of PLC control system and its countermeasures

ZHANG Cun-li

(Jining Vocational College,Jining 272037,China)

Abstract: The reliability of PLC (Programmable Logic Controller) control system directly influences the safety and economy of industrial enterprises,while the anti-interference capability is the key to its reliable operation. Three kinds of interference sources are discussed:space radiance,down-lead from external system and internal interference,and their influences on the control system are analyzed. Some countermeasures are suggested:the lightning-proof isolation of electric power,appropriate cables and correct cabling,proper grounding system and software methods.

Key words: PLC; interference source; anti-interference

+++++