

# 电气隔离在 PLC 控制系统上的应用

李传伟

(威海职业学院 山东 威海 264210)

**摘要:** 对电气控制线路的各种隔离进行了详尽的分析讨论,提出了抑制干扰而采取的电气隔离的技术措施,从而保证电气设备的正常工作。

**关键词:** 电气控制线路;电气隔离;干扰

中图分类号: TM517.61 文献标识码: B 文章编号: 1003-7241(2007)08-0026-04

## Electrical Isolation for PLC Systems

LI Chuan-wei

(Weihai Professional Technology Institute Weihai 264210 China)

**Abstract:** This paper discusses the various isolation methods used for electrical circuits to suppress the interference and guarantee the electrical equipments to work properly.

**Keywords:** electrical controlling circuits; electrical isolation; interference

### 1 引言

可编程序控制器简称 PLC,它是一种特殊的控制计算机,具有编程简单、通用性好、功能强等优点,广泛应用于工业控制领域中。它直接连接被控设备的电子设备,因此很容易被周围干扰源干扰而引起控制系统产生误动作。为了让控制系统稳定工作,提高可靠性,在系统设计与安装时应采取一定的抗干扰措施。

电气隔离目的之一是从电路上把干扰源和易干扰的部分隔离开来,从而达到隔离现场干扰的目的,电路隔离的主要是通过隔离元器件把噪声干扰的路径切断,从而达到抑制噪声干扰的效果。在采用了电路隔离的措施以后,绝大多数电路都能够取得良好的抑制噪声的效果,使设备符合电磁兼容性的要求<sup>[1]</sup>。

### 2 信号隔离

信号的隔离目的之一是把引进的干扰通道切断,使测控装置与现场仅保持信号联系,不直接发生电的联系。工控装置与现场信号之间常用的隔离方式有光电隔离、脉冲变压器隔离、继电器隔离和布线隔离等。

#### 2.1 光电耦合隔离

光电隔离电路的作用是在电隔离的情况下,以光为媒介传送信号,对输入和输出电路可以进行隔离。因而能有效地抑制系统

噪声,消除接地回路的干扰,有响应速度较快、寿命长、体积小耐冲击等好处,使其在强-弱电接口,特别是在微机系统的前向和后向通道中获得广泛应用。

光电耦合器,是近几年发展起来的一种半导体光电器件,由于它具有体积小、寿命长、抗干扰能力强、工作温度宽及无触点输入与输出在电气上完全隔离等特点,被广泛地应用在电子技术领域及工业自动控制领域中,它可以代替继电器、变压器、斩波器,而用于隔离电路、开关电路、数模转换、逻辑电路、过流保护、长线传输、高压控制及电平匹配等<sup>[2]</sup>。

光电隔离是由光电耦合器件来完成的。其输入端配置发光源,输出端配置受光器,因而输入和输出在电气上是完全隔离的。由于光电耦合器的输入阻抗( $100 \sim 1k \Omega$ )与一般干扰源的阻抗( $105 \sim 106 \Omega$ )相比较小,因此分压在光电耦合器的输入端的干扰电压较小,它所能提供的电流并不大,不易使半导体二极管发光。另外光电耦合器的隔离电阻很大(约 $10^{12} \Omega$ )、隔离电容很小(约几个 pF),所以能阻止电路耦合产生的电磁干扰,被控设备的各种干扰很难反馈到输入系统<sup>[3]</sup>。

光电耦合器把输入信号与内部电路隔离开来,或者是把内部输出信号与外部电路隔离开来,如图1所示。开关量输入电路接入光电耦合器后,由于光电耦合器的隔离作用,使夹杂在输入开关量中的各种干扰脉冲都被挡在输入回路的一侧。由于光电耦合器不是将输入侧和输出侧的电信号进行直接耦合,而是以光为媒介进

收稿日期: 2007-03-02

行耦合,具有较高的电气隔离和抗干扰能力。

在 PLC 应用系统中,由于测控系统与被测和被控设备之间不可避免地要进行长线传输,信号在传输过程中很易受到干扰,导致传输信号发生畸变或失真;另外,在通过较长电缆连接的相距较远的设备之间,常因设备间的地线电位差,导致地环路电流,对电路形成差模干扰电压。为确保长线传输的可靠性,可采用光电耦合隔离措施,将两个电路的电气连接隔开,切断可能形成的环路,使他们相互独立,提高电路系统的抗干扰性能。若传输线较长,现场干扰严重,可通过两级光电耦合器将长线完全“浮置”起来,如图1-3所示。

长线的“浮置”去掉了长线两端间的公共地线,不但有效消除了各电路的电流经公共地线时所产生噪声电压形成相互窜扰,而且也有效地解决了长线驱动和阻抗匹配问题;同时,被控设备短路时,还能保护系统不受损害。

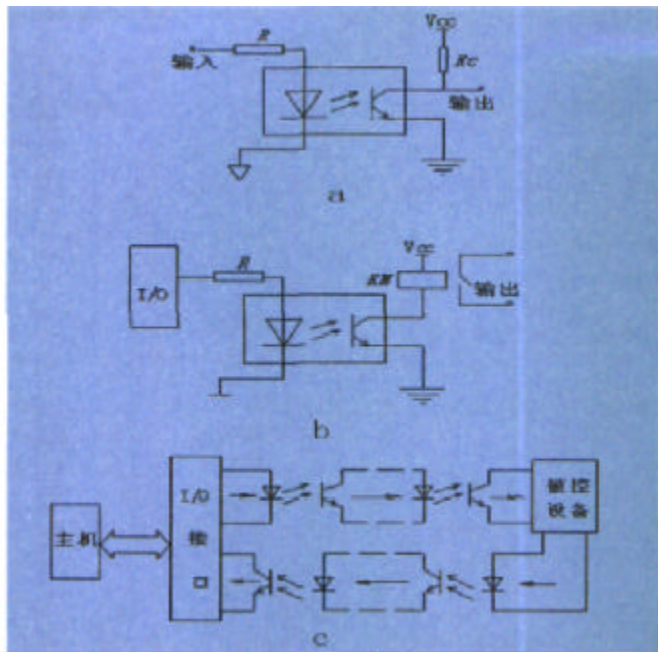


图1 光电隔离方式

目前,大多数光电耦合器件的隔离电压都在2.5kV以上,有些器件达到了8kV,既有高压大电流大功率光电耦合器件,又有高速高频光电耦合器件(频率高达10MHz)。常用的器件如4N25,其隔离电压为5.3kV;6N137,其隔离电压为3kV,频率在10MHz以上。

## 2.2 脉冲变压器隔离

脉冲变压器的匝数较少,而且一次绕组和二次绕组分别绕于铁氧体磁芯的两侧,这种工艺使得它的分布电容特小,仅为几个pF,所以可作为脉冲信号的隔离元件。脉冲变压器传递输入、输出脉冲信号时,不传递直流分量,PLC使用的数字量信号输入/输出的控制设备不要求传递直流分量,因而在工控系统中得到了广泛的应用。

图2是脉冲变压器的应用实例。电路的外部信号经RC滤波电路和双向稳压管抑制常模噪声干扰,然后输入脉冲变压器的一次侧。为了防止过高的对称信号击穿电路元件,脉冲变压器的二

次侧输出电压被稳压管限幅后进入测控系统内部。一般地说,脉冲变压器的信号传递频率在1kHz~1MHz之间,新型的高频脉冲变压器的传递频率可达到10MHz。

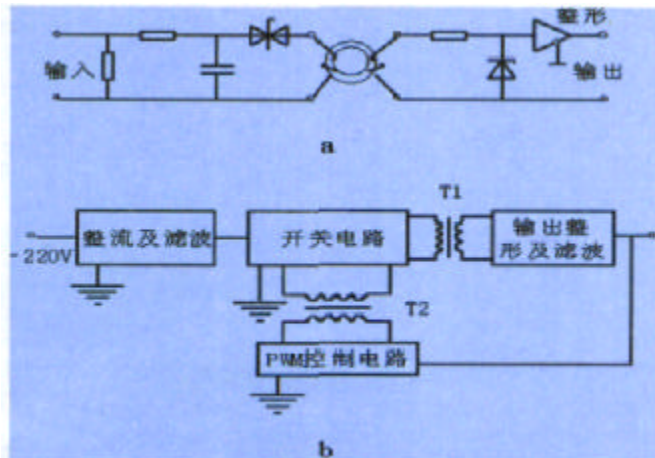


图2 脉冲隔离变压器应用

## 2.3 继电器隔离

继电器的线圈和触点没有电气上的联系,因此,可利用继电器的线圈接受信号,利用触点发送和输出控制信号,从而避免强电和弱电信号之间的直接接触,实现了抗干扰隔离。图3是继电器输出隔离的实例示意图。在该电路中,通过继电器把低压直流与高压交流隔离开,使高压交流侧的干扰无法进入低压直流侧<sup>[3]</sup>。

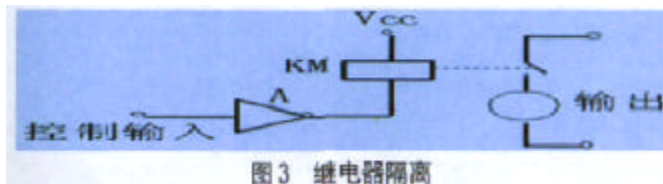


图3 继电器隔离

## 2.4 配线系统隔离

将微弱信号电路与易产生噪声污染的电路分开布线,最基本的要求是信号线路必须和强电控制线路、电源线路分开走线,而且相互间要保持一定的距离。配线时应区别分开交流线、直流稳压电源线、数字信号线、模拟信号线、感性负载驱动线等。配线间隔越大,配线越短,则噪声影响越小。但是,实际设备的内外空间是有限的,配线间隔不可能太大,只要能维持最低限度的间隔距离便可。附表列出了信号线和动力线之间应保持的最小间距。如果受环境条件的限制,信号线不能与高压线和动力线等离得足够远时,就得采用诸如信号线路接电容器等各种抑制电磁感应噪声的措施。

## 3 电源系统的隔离

电源变压器是电源部分的主要元件,为了抑制电网中的干扰,一般选用隔离变压器,且变压器容量应比实际需要要大1.2~1.5倍左右。在使用中应要求变压器的屏蔽层良好接地,次级线圈连接线要使用双绞线,以减少电源线间干扰。对于PLC的控制器电源,如果条件许可,还可在隔离变压器前加入滤波器,此时变压器的初



动力线容量	与信号线的最小间距/cm
125V 10A	30
250V 50A	45
440V 200A	60
5kV 800A	120 以上

级和次级连接线均要使用双绞线,如图4所示。这样干扰信号经滤波隔离后可大大减弱,增强了系统的可靠性<sup>[1]</sup>。

采用1:1隔离变压器供电是传统的抗干扰措施,对电网尖峰脉冲干扰有很好的效果。图5是典型的隔离变压器原理图。它抗干扰的原理是一次侧对高频干扰呈现很高的阻抗,而位于一次、二次绕组之间的金属屏蔽层又阻隔了一、二次侧所产生的分布电容,因此一次绕组只有对屏蔽层的分布电容存在,高频干扰通过这个分布电容而被旁路入地。1:1隔离效果的好坏,往往取决于屏蔽层的工艺。最好选用0.2mm厚的纯铜板材,一次侧、二次侧各加一个

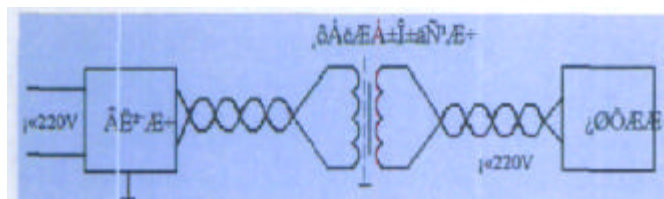


图4 滤波器和隔离变压器的连接

屏蔽层。通常,一次侧的屏蔽层通过一个电容器与二次侧的屏蔽层接到一起,再接到二次侧的地上。也可以一次侧的屏蔽层接一次侧的地线,二次侧的屏蔽层接二次侧的地线,并且接地引线的截面积也要大一些好,1:1隔离还有效地隔离了接地环路的共模干扰。

### 3.1 交流电源供电系统的隔离

由于交流电网中存在着大量的谐波、雷击浪涌、高频干扰等噪声,所以对由交流电源供电的控制装置和电子电气设备,都应采取抑制措施。采用电源隔离变压器,可以有效地抑制窜入交流电源中的噪声干扰。但是,普通变压器却不能完全起到抗干扰的作用,这是因为,即使一次绕组和二次绕组之间是绝缘的,能够阻止

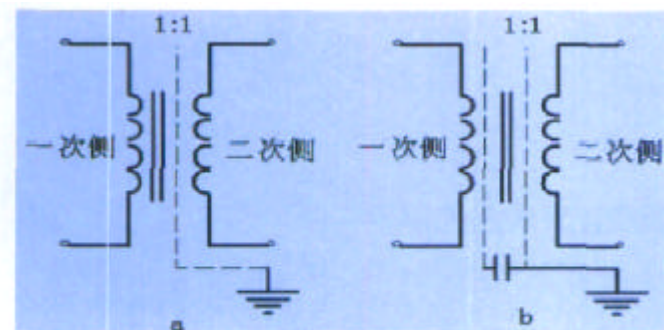


图5 1:1隔离变压器屏蔽及接地方式图

a) 单屏蔽层 b) 双屏蔽层

一次侧的噪声电压、电流直接传输到二次侧,有隔离作用。然而,

由于分布电容(绕组与铁心之间、绕组之间、层匝之间和引线之间)的存在,交流电网中的噪声会通过分布电容耦合到二次侧。为了抑制噪声,必须在绕组间加屏蔽层,这样就能有效地抑制噪声,消除干扰,提高设备的抗干扰性。图6a、6b所示为不加屏蔽层和加屏蔽层的隔离变压器分布电容的情况。在图6a中,隔离变压器不加屏蔽层, $C_{12}$ 是一次侧和二次侧之间的分布电容,在共模电压 $u_{1c}$ 的作用下,二次绕组所耦合的共模噪声电压为 $u_{2c}$ , $C_{2E}$ 是二次侧的对地电容,则从图可知二次侧的共模噪声电压 $u_{2c}$ 为:

$$u_{2c} = u_{1c} C_{12} / (C_{12} + C_{2E})$$

在图6b中,隔离变压器加屏蔽层,其中 $C_{10}$ 、 $C_{20}$ 分别代表一次侧和二次侧对屏蔽层的分布电容, $Z_E$ 是屏蔽层的对地阻抗, $C_{2E}$ 是二次侧的对地电容,则从图可知二次侧的共模噪声电压 $u_{2c}$ 为:

$$u_{2c} = [u_{1c} Z_E / (Z_E + 1/j C_{10})] [C_{2E} / (C_{20} + C_{2E})]$$

由于 $C_2$ 是屏蔽层的对地阻抗,在低频范围内, $Z_E \ll 1/j C_{10}$ ,所以 $u_{2c} \approx 0$ 。由此可见,采取屏蔽措施后,通过隔离变压器的共模噪声电压被大大地削弱了。图7所示为交流电源抗干扰的综合方案。为了将测控系统和供电电网电源隔离开,消除因公共电阻引起的耦合,减少负载波动的影响,同时也为了安全,常常在电源变压器和低通滤波器之前增加一个1:1的隔离变压器。

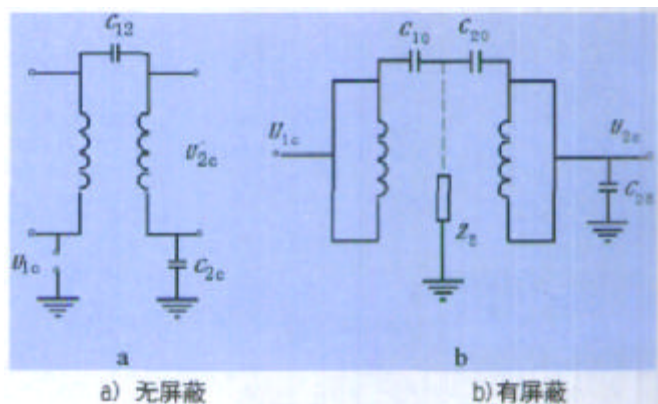


图6 变压器隔离方式

目前,国外已研制成功了专门抑制噪声的隔离变压器(简称NCT),这是一种绕组和变压器整体都有屏蔽层的多层屏蔽变压器。这类变压器的结构,铁心材料、形状及其线圈位置都比较特殊,它可以切断高频噪声漏磁通和绕组的交链,从而使差模噪声不易感应到二次侧,故这种变压器既能切断共模噪声电压,又能切断差模噪声电压,是比较理想的隔离变压器。

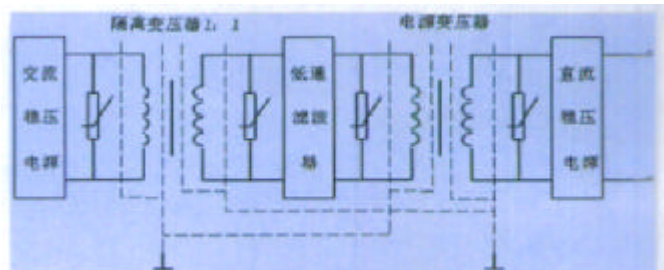


图7 交流电源抗干扰方案

(下转第47页)

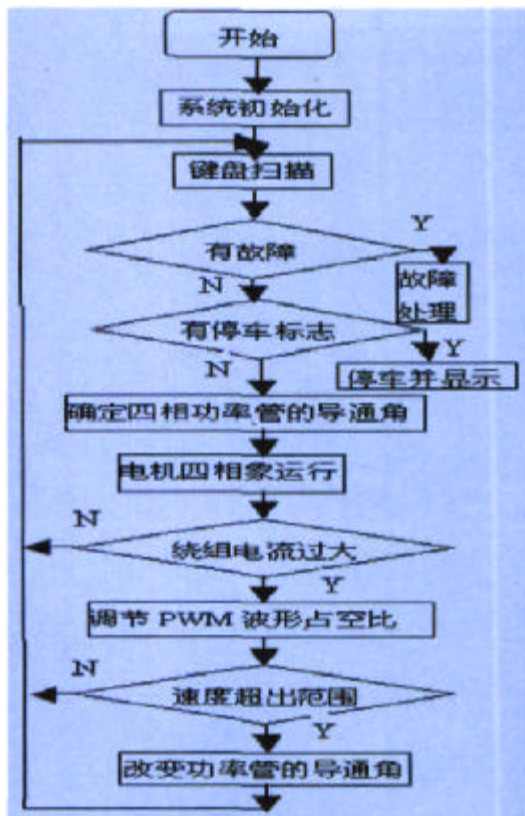


图4 系统控制软件总流程框图

## 6 结束语

开关磁阻电机能够正常工作的关键是每相功率开关的导通、关断角的实时控制,对起动、运行、故障保护也要实时控制。本SRD控制系统以ATmega128为核心,配以相应的外部的检测、给

定、显示、保护等外围电路,再加上驱动电路、主电路及磁阻电机,便构成完整的SRD系统。对一台四相8/6极额定功率2.2KW、额定转速1500r/min的SRM为调速对象进行调速实验,图5为SRD A、B两相绕组的PWM触发信号波形。实验结果表明,开关磁阻电机的结构极其简单坚固,调速范围宽,调速性能优异,而且在整个调速范围内都具有较高的效率,系统可靠性高。

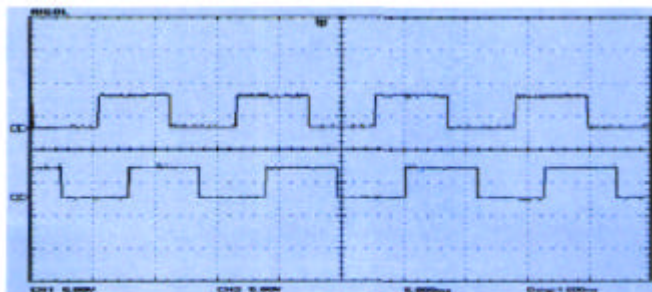


图5 PWM触发信号波形

## 参考文献:

- [1] 胡崇岳. 现代交流调速技术[M]. 北京: 机械工业出版社 1998
- [2] 王宏华. 开关磁阻电动机调速控制技术[M]. 北京: 机械工业出版社 1995
- [3] 马潮. 高档8位单片机ATmega128 原理与开发应用指南[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社 2004
- [4] 李甘林等. 基于TMS320F240的开关磁阻电机调速系统设计[J]. EDA技术专栏. 2002
- [5] 杨玉团等. 基于开关磁阻电动机的Y型截止阀的变速控制[J]. 自动化技术与应用. 2003, 22(6): 74-76

作者简介: 颜成雄 (1982 - ), 女, 硕士生, 研究方向: 电力电子与电力传动。

(上接第28页)

## 3.2 直流电源供电系统的隔离

当控制装置和电子电气设备的内部子系统之间需要相互隔离时,它们各自的直流供电电源间也应该相互隔离,其隔离方式如下:第一种是在交流侧使用隔离变压器,如图8a所示;第二种是使用直流电压隔离器(即DC/DC变换器),如图8b所示。

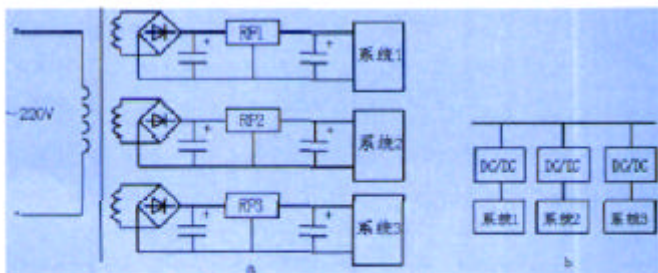


图8 交流电源综合抗干扰方案

## 4 结束语

以上对电气控制电路的电气隔离问题作出了概括性的论述,在采用了电气隔离的措施以后,绝大多数电路都能够取得良好的抑制噪声的效果,使设备符合电磁兼容性的要求。在产品的研制实践中,还要对电子电气设备的内部噪声及外部干扰进行全面的分析,结合“接地问题”、“屏蔽问题”,选择合理的隔离方式及其恰当的隔离部位,进行统一部署,才能设计出满足电磁兼容性要求的合格产品。

## 参考文献:

- [1] 王燕妮. 李传伟. PLC控制系统的抗干扰设计[J]. 机械工人, 2004, (5): 64-65
- [2] 常斗南等. 可编程控制器原理. 应用. 实验[M] 北京: 机械工业出版社, 2002
- [3] 李传伟. 王燕妮. 可编程控制器(PLC)的接口电路[J]. 中国教育技术装备, 2004, (6): 12-19

作者简介: 李传伟 (1969 - ), 副教授, 研究方向: 电气自动控制。