

文章编号:1671-251X(2014)03-0022-03

DOI:

童军,尹红雨,张成民,等.一种新型的磁力启动器本质安全先导电路设计[J].工矿自动化,2014,40(3):22-24.

一种新型的磁力启动器本质安全先导电路设计

童军¹, 尹红雨¹, 张成民², 邱文东³

(1. 西安科技大学 电气与控制工程学院, 陕西 西安 710054;

2. 永济新时速电机电器有限责任公司 技术中心, 山西 永济 044502;

3. 甘肃容和矿用设备集团 西安分公司, 陕西 西安 710043)

摘要:针对继电器式本质安全先导电路存在自行启动和低电压启动不稳定的缺点,设计了一种新型的基于微机控制的光耦隔离式矿用磁力启动器本质安全先导电路,详细介绍了该电路的工作原理。实际应用表明,该本质安全先导电路性能可靠,运行稳定。

关键词:矿用磁力启动器;本质安全电路;先导电路;光耦隔离

中图分类号:TD68 文献标志码:A 网络出版时间:

网络出版地址:

Design of a new type of intrinsic safety pilot circuit of magnetic starter

TONG Jun¹, YIN Hongyu¹, ZHANG Chengmin², QIU Wendong³

(1. College of Electrical and Control Engineering, Xi'an University of Science and Technology,

Xi'an 710054, China; 2. Technology Center, Yongji Xinshisu Electric Equipment Co., Ltd.,

Yongji 044502, China; 3. Xi'an Branch, Gansu Ronghe Mining Equipment Group, Xi'an 710043, China)

Abstract: In view of shortcoming that intrinsic safety pilot circuit controlled by relay exists unstable faults of self-starting and low-voltage starting, a new type of intrinsic safety pilot circuit with optical coupling isolation of mine-used magnetic starter based on microcomputer control was designed, working principle of the circuit was introduced in details. The practical application shows that the pilot circuit has reliable performance and stable operation.

Key words: mine-used magnetic starter; intrinsic safety circuit; pilot circuit; optical coupling isolation

0 引言

随着防爆技术、微机控制技术的发展,磁力启动器在井下的应用越来越普遍。由于井下环境中存在瓦斯和煤尘等易燃易爆物质,启动器在发生故障时所产生的电火花或者电弧会给井下生产和人员安全带来隐患,所以,矿用电气设备应尽量采用本质安全型电路。根据《煤矿安全规程》,磁力启动器的本质安全保护等级应为ib级^[1]。通常磁力启动器的先导电路要设计成本质安全型电路,但目前煤矿井下

的磁力启动器采用的本质安全型先导电路通常采用先导变压器和继电器控制。由于先导变压器制造的分散性,影响先导电路工作和继电器吸合的可靠性,存在误动和低电压启动不稳定的缺点。为此,笔者设计了一种基于微机控制的新型本质安全型先导电路。

1 采用继电器隔离方式的本安先导电路分析

磁力启动器工作于远方控制方式时,它与远方控制按钮之间的联接电路称为先导电路,先导电路

收稿日期:2013-08-13;修回日期:2013-12-02;责任编辑:张强。

基金项目:国家自然科学基金项目(51277149)。

作者简介:童军(1962—),男,陕西延川人,教授,硕士研究生导师,研究方向为电力电子技术及电路与系统, E-mail: xkdtongjun@163.com。

通讯作者:尹红雨。

是控制主电路闭合(或断开)时最先接收指令信号的控制电路。根据国家电气防爆标准,先导电路必须设计成本质安全型电路。

常用先导电路的设计原则:本安先导电路通常需要机械隔离和电气隔离,隔离的目的是防止其他电路的能量窜入到本安电路而影响其本安性能,这也是本安电路设计中最重要的一条原则。机械隔离主要是从爬电距离、电气间隙和绝缘强度等方面考虑,电气隔离主要是采用电气隔离措施保证其他电路的能量不影响本安电路特性,一般先导电路电气隔离措施有变压器隔离、继电器隔离、光电耦合器隔离、安全栅隔离等^[2-3]。

目前井下电气设备的本安先导电路仍有一部分是采用继电器隔离方法设计的。图1为使用较广泛的继电器隔离方式的本质安全先导电路。其中虚线框内的电路为先导电路,TC1为特殊设计的变压器,它将660 V或者1 140 V 电源转换为本质安全电路需要的电压; R_1 为限流电阻; D_3 — D_6 为用于稳压的二极管,可防止过高的输入电压; KA 是一个直流的继电器; SB_1 和 SB_2 分别为先导电路的远方启动和停止按钮; D_2 为整流二极管; D_1 为继电器 KA 续流二极管。

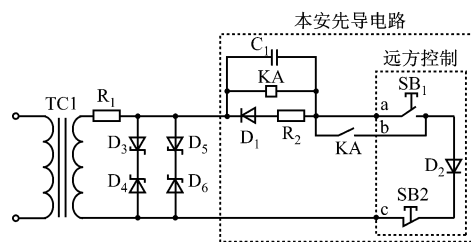


图1 继电器隔离方式的本质安全先导电路

电路工作原理:按下 SB_1 ,交流电由 D_2 整流成半波直流,在正半周,电容 C_1 充电,与此同时继电器线圈通电, KA 闭合;在负半周,电容 C_1 通过继电器线圈进行放电,用来保持线圈继续吸合, KA 继续保持闭合。当按下按钮 SB_2 ,先导回路断开,此时 KA 断开,继电器线圈释放。继电器线圈通过 D_1 和 R_2 来形成放电回路。

通过分析可以看出,该先导电路有以下3个缺点:①继电器线圈会影响整个先导电路的本安性能。②在运行中,当线缆出现故障而 D_2 短接时,线圈两端为交流电压,触点产生剧烈抖动,会使继电器损坏而出现误动。③在电源电压波动范围比较大或者多台启动器级联工作的情况下,电路的输入电压偏低, KA 不能可靠吸合,常常造成负载不能正常启动^[2]。

2 光耦隔离方式的本质安全先导电路

针对继电器隔离方式的本质安全先导电路的缺点,设计出一种采用光耦隔离方式的本质安全先导电路,它特别适用于单片机控制的磁力启动器,如图2所示。其中黑线框内为本安区域,虚线框表示控制接线盒, R_1 、 R_2 和 R_3 均为限流电阻, D_1 为普通二极管, STY 和 $STPY$ 分别为启动和停止按钮,1A、1B、2A、2B均为非线性光耦,1A和1B接信号产生电路,初始信号源为555电路生成的幅值为5 V,频率为50 Hz的方波,光耦1A和1B分别通过2个反相器和一个反相器与信号源连接(图上没有显示),这样光耦1A和1B分别在方波信号源的高电平和低电平导通;2A和2B分别接单片机的输入端口XD_HZ和XD_BS。实际应用中采用2个TLP521-2,它的隔离电压达2 500 V。

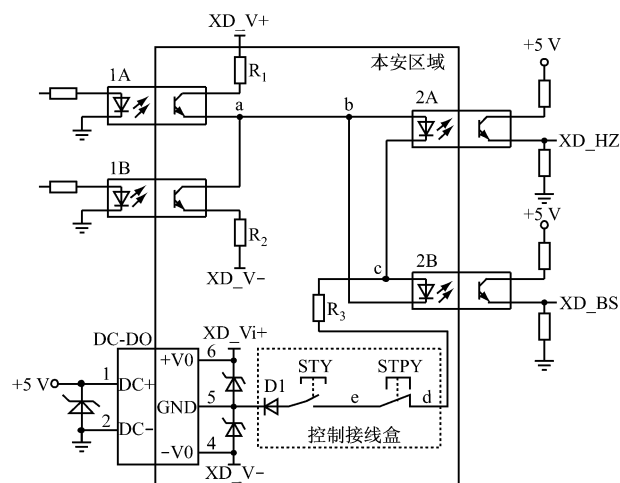


图2 采用光耦隔离的本质安全先导电路

电路工作原理:

在正常情况下,按下启动按钮,当方波为高电平时,光耦1A和2A导通,先导路径为 $XD_V+ \rightarrow 1A \rightarrow a \rightarrow b \rightarrow 2A \rightarrow c \rightarrow R_3 \rightarrow D_1 \rightarrow e \rightarrow GND$,同时通过状态监测电路(图3)使e和GND导通并自保。该状态光耦2A导通、2B关闭, XD_HZ 端口为高电平, XD_BS 端口为低电平;当方波信号转为低电平时,光耦1A关闭、1B导通,但由于二极管 D_1 的作用,先导电路无法导通,光耦2A和2B均关断, XD_HZ 端口和 XD_BS 端口均为低电平;按下停止按钮,其相应的电路断开,方波信号无论为高电平还是低电平, XD_HZ 和 XD_BS 均为低电平。

当连接控制接线盒的电缆发生短路,即 D_1 的阴极GND与d被短接时,若方波为高电平,光耦2A导通, XD_HZ 端口为高电平;若方波为低电平,

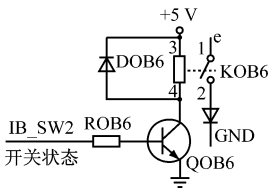


图 3 开关状态监测电路

光耦 1B 导通,这时先导路径为 GND→R₃→c→2B→b→a→1B→R₂→XD_V-。由于光耦 2B 导通, XD_BS 端口为高电平。

这样正常的开停操作和电缆短路状态下 XD_HZ 端口和 XD_BS 端口就有不同的表现(电缆开路和正常停止的表现相同),其相互关系见表 1。

表 1 端口状态真值

操作状态	XD-HZ	XD-BS
正常启动	高低变化的方波	低电平
正常停止	低电平	低电平
电缆短路	高低变化的方波	高低变化的方波

单片机通过 XD_HZ 端口和 XD_BS 端口的电平高低来决定是否给负载送电。当 XD_HZ 端口为高低变化的方波且 XD_BS 端口为低电平时,单片机给负载送电,并显示合闸成功;当 XD_HZ 端口和 XD_BS 端口均为低电平时,单片机给负载断电,并显示分闸成功;当 XD_HZ 端口和 XD_BS 端口都为高低变化的方波信号时,不给负载送电,并显示“先导故障,合闸失败”。

忽略光耦压降和导线电阻,当光耦 1A 导通时,先导电路在正常工作情况下的电流:

$$I_1 \mid_{\text{mA}} = \frac{5}{R_1 + R_3} = \frac{5}{250 + 250} = 10$$

先导电路中 R₁ 或者 R₃ 发生故障而短接时的电流:

$$I_2 \mid_{\text{mA}} = \frac{5}{R_1} = \frac{5}{250} = 20$$

如果取安全系数 K=2,查电阻电路临界点燃曲线图可知,无论在正常工作还是在短路故障状态下的电流乘以安全系数后均小于最小点燃电流^[1]。

为先导电路供电的是 DC-DC 电源模块,它的输出电压级别可根据实际线路的长度需要选择,低于 20 V 以下的都是可行的,实际电路中选取了输出为 5 V、功率为 1 W 的 DC-DC 电源模块。该模块体积小,隔离电压高达 1 500 V,带输出短路和过流保护功能,使用方便。

本设计的本安先导电路短路电流只有 20 mA,完全可以达到本安要求。

当先导回路较长时,必须考虑通信电缆的分布电感,现以 5 mH/km 的假设来计算(实际矿用通信线缆远小于该值)。设先导回路最大长度为 300 m,则 L=1.5 mH,由电感最小点燃曲线查得最小点燃电流为 0.8 A,取安全系数 K=2,则最小点燃电流为 0.4 A。当电路正常工作时,最大为电流为 10 mA,当先导电路故障使 R₁ 或 R₃ 被短接时电路电流为 20 mA,由电感电路临界点燃曲线图、能量判别公式和功率判别公式可知^[4],该电路在正常和故障情况下都是安全的,符合 ib 等级。此外,考虑到机械隔离,制作印刷电路板时专门为本安电路开辟了一块单独隔离的区域,并设置了 3 mm 的电气间隙用来保证本安性能。

3 结语

新型光耦隔离方式的本质安全先导电路符合本质安全要求,相比继电器隔离方式的本质安全先导电路具有以下优点:① 由于采用了模块电源供电,受外界电压波动影响很小,所以能保证启动器的可靠工作;② 由于不采用继电器,就没有电感影响先导电路的本安性能,增加了系统的安全性;同时也不存在因为继电器损坏而产生的误动作,增加了系统的可靠性。表 1 为 2 种先导电路的参数比较。

表 1 2 种先导电路参数对比

先导电路	限流电阻/Ω	工作电流/mA	短路电流/mA	开路电压/V
继电器式	220	65	109	27
新型光耦式	500	10	20	5

新型的本安先导电路已在真空磁力启动器中得到了应用。现场使用过程中,启动器启动正常,远端电缆被短路时,负载不能自启动。实践证明,改进后的新型光耦隔离式先导电路更加稳定可靠。

参考文献:

[1] 刘树林. 本质安全开关变换器[M]. 北京:科学出版社, 2008.

[2] 严树勋,杨维义. 煤矿井下软启动器本质安全电路的设计改进[J]. 工矿自动化,2012,38(8):121-123.

[3] 李思光. 新型矿用隔爆兼本质安全型先导电路设计[J]. 工矿自动化,2012,38(6):17-20.

[4] 孟庆海. 本质安全电路的功率判别式[J]. 中国矿业大学学报,2004,33(3):292-294.

[5] 商立群,施为. 安全火花电路的放电形式和电感电路放电时间的测量[J]. 煤矿安全,2004,35(6):36-38.