

文章编号:1671-251X(2011)06-0084-03

DOI:CNKI:32-1627/TP.20110523.1756.018

一种矿用本质安全型设备软启动电路的设计

方斌, 沈小强, 邱宇

(中煤科工集团常州自动化研究院, 江苏 常州 213015)

摘要:针对矿用设备启动时产生的瞬间大电流易导致供电电源截止、进而导致设备启动异常的问题,介绍了一种由简单元件组成的矿用本质安全型设备软启动电路的设计;给出了该电路原理,分析了该电路的软启动性能、限流特性、延时特性和欠压断电特性。试验结果验证了该电路的有效性和可靠性。

关键词:煤矿;本质安全型设备;供电电源;软启动;延时启动;限流;欠压保护

中图分类号:TD611.5

文献标识码:B

网络出版时间:2011-05-23 17:56

网络出版地址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20110523.1756.018.html>

Design of a Soft-start Circuit for Mine-used Intrinsic Safety Device

FANG Bin, SHEN Xiao-qiang, QIU Yu

(Changzhou Automation Research Institute of China Coal Technology and Engineering Group Corporation, Changzhou 213015, China)

Abstract: For problems that instantaneous large current in start of mine-used devices could lead to power supply cutting-off and abnormal start of the devices, the paper introduced design of a kind of soft-start circuit for mine-used intrinsic safety devices which is composed of simple components. It gave principle of the circuit and analyzed performances of soft-start, current limit, delay and under-voltage cutting-off of the circuit. The test result proved validity and reliability of the circuit.

Key words: coal mine, intrinsic safety device, power supply, soft-start, delay start, current limit, under-voltage protection

收稿日期:2011-02-28

基金项目:煤炭科学研究总院常州自动化研究院科研项目
(Z044-30)

作者简介:方斌(1981-),男,安徽桐城人,硕士,现主要从事煤矿监控产品的开发工作。E-mail:taryin@126.com

0 引言

应用于煤矿的本质安全型(以下简称本安型)电子设备对电路能量有着严格的限制和控制。矿用本安型设备的供电电源多带有过流保护电路,而沿线

4 结语

采用基于超高频射频技术的井下物资运输管理系统对成庄矿井下机车、生产物资进行监测,加强了对井下车皮的管理能力,提高了矿井辅助运输系统的运输效率,降低了生产成本。同时,超高频射频技术的应用为该系统的持久运行提供了保障,减轻了系统的维护工作量和维护成本。

参考文献:

[1] 王宇鹏,侯林.无源标签技术在井下人员定位系统中的

应用[J].现代电子技术,2010(5):25-27.

[2] 国家安全生产监督管理总局. AQ 6210-2007 煤矿井下作业人员管理系统通用技术条件[S].北京:煤炭工业出版社,2007.

[3] 杜江.自主知识产权 RFID 标准系列报道(二) UHF RFID 空口技术自主创新研究[J].信息技术与标准化,2009(11):57-60.

[4] 洪卫军.超高频射频识别系统实现与应用中的若干关键技术研究[D].北京:北京邮电大学,2009.

[5] 李元忠.射频识别技术及其在交通领域的应用[J].电讯技术,2002(5):5-9.

设备在开机时,由于内部的容性负载以及电源转换模块(DC-DC)瞬间大的拉电流作用,会对供电电源产生非常大的负担。尤其是当监控系统开机时,各沿线设备因供电电源启动而同时启动,产生的瞬间启动电流有可能会超过供电电源的过流保护点,使供电电源截止,从而导致设备以及系统启动异常^[1]。

若沿线设备供电电源的电路具备以下功能,则可减少上述现象发生的概率:(1)采用软启动电路使输入电流按一定速率上升;(2)采用延时电路,延时时间可调,即供电电源上电后,设备并不立即启动,而是延时一段时间启动,并且不同设备延时时间不同,这样可以使设备错开上电时的电流高峰;(3)限制设备的最高工作电流。为此,笔者设计了一套矿用本安型设备软启动电路,该电路原理简单,性能可靠。

1 电路原理

矿用本安型设备软启动电路如图 1 所示。其中 Q_1 、 Q_2 为 PNP 三极管, Q_3 为 N 沟道增强型场效应管。当输入电压 U_{IN} 后, R_2 与 R_3 对 U_{IN} 分压。 R_2 与 C_1 构成 RC 延时电路, 随着 C_1 充电, C_1 电压上升, 当 C_1 两端电压大于 Q_3 的开启电压后, Q_3 导通。由于 C_1 电压缓慢上升, Q_3 的漏极电流与电路输出电流呈一定关系上升, 当 C_1 两端电压大于 Q_3 的开启电压后, Q_3 完全导通。当电路连接的负载继续增加时, R_1 、 R_5 、 Q_1 、 Q_2 构成经典限流电路, 从而实现限流功能^[2-4]。

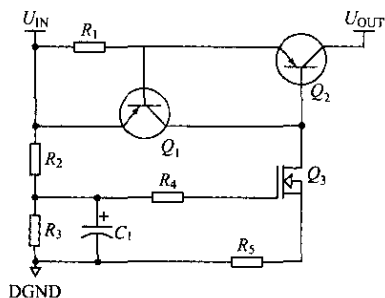


图 1 矿用本安型设备软启动电路

矿用本安型设备软启动电路的功能:(1)延时启动功能,延时时间可调;(2)软启动功能,由 Q_3 的栅极电压控制 Q_2 的输出电流,软启动性能可靠;(3)限流功能,限制负载的最大能量,保护负载及供电电源;(4)欠压自动断电功能,当输入电压低于额定值时,自动切断输出,并且该额定值可调。

2 电路分析

2.1 软启动性能分析

由增强型场效应管的特性可知,在可变电阻区,其漏极电流 I_D (单位为 A) 为

$$I_D = I_{DO} \left(\frac{U_{GS}}{U_{GS(th)}} - 1 \right)^2 \quad (1)$$

式中: U_{GS} 为场效应管的栅极电压; $U_{GS(th)}$ 为场效应管的开启电压; I_{DO} 为当 $U_{GS(th)}$ 为 U_{GS} 一半时的场效应管漏极电流值^[5]。

电容 C_1 的充电函数为

$$U_T = E(1 - e^{-\frac{t}{R_2 C_1}}) \quad (2)$$

$$E = U_{IN} [R_3 / (R_2 + R_3)] \quad (3)$$

式中: U_T 为电容充电时电容两端电压; E 为电容充电完成后的电压; t 为电容 C_1 的充电时间。

综合式(1)~(3)得

$$I_D = I_{D0} \left[\frac{U_{IN} R_3}{U_{GS(th)} (R_2 + R_3)} (1 - e^{-\frac{t}{R_2 C_1}}) - 1 \right]^2 \quad (4)$$

取 Q_2 的放大倍数为 β_2 , 在 Q_3 未完全导通时, Q_2 处于放大区, 则该电路的输出电流为

$$I_o = \beta_2 I_D =$$

$$\beta_2 I_{\text{DO}} \left[\frac{U_{\text{IN}} R_3}{U_{\text{GS(th)}} (R_2 + R_3)} (1 - e^{-\frac{t}{R_2 C_1}}) - 1 \right]^2 \quad (5)$$

2.2 限流功能分析

当 C_1 充电完成且 C_1 两端电压远大于 Q_3 的开启电压时, Q_3 完全导通, 此时软启动过程结束, 进入限流阶段。因 Q_3 导通电阻很小, 此时图 1 所示的电路可简化为如图 2 所示的电路。

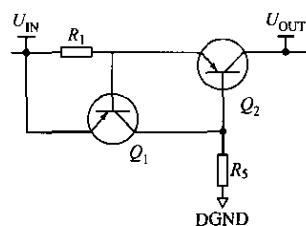


图 2 软启动过程结束后的简化电路

假设该电路的输出电流为 I_o , 流经 R_1 的电流为 I_{R_1} , Q_1 的集电极电流为 I_{CQ_1} , Q_1 的增益为 β_1 , Q_2 的基极电流为 I_{BQ_2} , Q_2 的增益为 β_2 , R_5 电压为 U_{R_5} 。

Q_1 工作于放大区时,有

$$I_{CQ_1} = \beta_1 I_{R_1} R_1 / \left[R_b + (1 + \beta_1) \frac{26}{I_{EQ_1}} \right] \quad (6)$$

式中: R_b 为 Q_1 的基区体电阻^[5]; I_{EQ_1} 为 Q_1 的静态工作电流, mA。

一般情况下,认为三极管基极、发射极的等效电阻 r_{be} 近似为 $1\text{ k}\Omega$,即 $r_{be}=R_b+(1+\beta_1)\frac{26}{I_{EQ_1}}$,约等于 $1\text{ k}\Omega$,故式(6)可写为

$$I_{CQ_1} \approx \beta_1 I_{R_1} R_1 \times 10^{-3} \quad (7)$$

$I_o \approx I_{R_1}$,则式(7)可写为

$$I_{CQ_1} = \beta_1 I_o R_1 \times 10^{-3} \quad (8)$$

R_5 电压近似为

$$U_{R_5} = I_{CQ_1} R_5 = \beta_1 I_o R_1 R_5 \times 10^{-3} \quad (9)$$

当 I_o 较小时, R_5 电压较小, Q_2 处于饱和区;当 I_o 增加时, R_5 电压上升, Q_2 逐渐进入放大区。 Q_2 的基极发射极电压 u_{be} 近似为 $U_{IN}-U_{R_5}$,则 Q_2 的基极电流为

$$I_{BQ_2} \approx (U_{IN}-U_{R_5})/r_{be} \approx U_{IN}-\beta_1 I_o R_1 R_5 \times 10^{-3} \quad (10)$$

$$I_o = \beta_2 I_{BQ_2} = \beta_2 (U_{IN}-\beta_1 I_o R_1 R_5 \times 10^{-3}) \quad (11)$$

由式(11)得

$$I_o = \frac{\beta_2 U_{IN}}{1 + \beta_1 \beta_2 R_1 R_5 \times 10^{-3}} \quad (12)$$

由以上分析可得,该电路在输出电流较小时, Q_2 处于饱和区, I_o 随负载电流上升而上升,当负载电流上升到一定值后, Q_2 处于放大区,这时 I_o 为恒定值,从而达到限流的目的^[6-8]。

2.3 延时特性分析

将 $I_o=0$ 代入式(5),得

$$\beta_2 I_{DQ} \left[\frac{U_{IN} R_3}{U_{GS(th)} (R_2 + R_3)} (1 - e^{-\frac{t}{R_2 C_1}}) - 1 \right]^2 = 0 \quad (13)$$

则延时时间 t_1 (单位为 s) 为

$$t_1 = -R_2 C_1 \ln \left[\frac{U_{IN} R_3 - U_{GS(th)} (R_2 + R_3)}{U_{IN} R_3} \right] \quad (14)$$

由式(14)可知,当 $U_{GS(th)}$ 、 U_{IN} 、 R_2 、 R_3 固定时,改变 C_1 即可改变电路的延时时间。

2.4 欠压断电特性分析

由 $E=U_{IN}[R_3/(R_2+R_3)]=U_{GS(th)}$,可得 U_{IN} 的零界电压为

$$U_{INmin} = U_{GS(th)} (R_2 + R_3) / R_3 \quad (15)$$

当输入电源电压小于 U_{INmin} 时, Q_3 截止。该功能主要防止设备中输入的电源电压过低,从而导致设备性能下降。通过调整 R_2 与 R_3 的比例关系可

以调整电源的零界电压。

3 电路实验

设置 $R_3=200\text{ k}\Omega$, $R_2=500\text{ k}\Omega$, $U_{IN}=18\text{ V}$, $C_1=1\text{ }\mu\text{F}$, Q_3 开启电压为 2 V , Q_1 为 8550, Q_2 为 B772,负载接 $10\text{ }\Omega$ 电阻。通过示波器观察到的软启动电路的输出电压波形如图 3 所示。

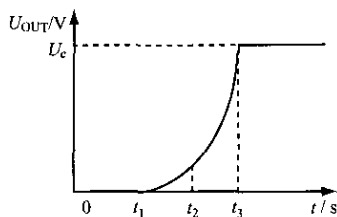


图 3 软启动电路的输出电压波形

从图 3 可看出,设延时时间 $t_1=246\text{ ms}$,经 $t_3=256\text{ ms}$ 后电压恒定,恒定电压 U_c 为 3.6 V 。电路在启动瞬间输出电路变化缓慢,而后电路输出电流迅速上升,即该电路对开机瞬间大电流进行抑制,而后加大电流供给,以保证设备正常工作。

4 结语

设计的软启动电路从煤矿本安型设备存在的实际问题出发,结合煤矿本安型设备的特点,所用元件简单,成本低。目前,该电路已在矿用本安型设备中进行了多次试验,其稳定性和可靠性均表现良好。

参考文献:

- [1] INGLE V K, PROAKIS J G. 数字信号处理——使用 MATLAB[M]. 刘树棠,译. 2 版. 西安:西安交通大学出版社,2008.
- [2] 许开君,李忠波. 模拟电子技术[M]. 北京:机械工业出版社,2000.
- [3] 张国雄,金篆芷. 测控电路[M]. 北京:机械工业出版社,2004.
- [4] 张庆双. 晶闸管应用电路精选[M]. 北京:机械工业出版社,2009.
- [5] 秦曾煌. 电工学[M]. 北京:高等教育出版社,1999.
- [6] 邹伯敏. 自动控制理论[M]. 北京:机械工业出版社,2002.
- [7] 赵文博. 常用集成电路速查手册[M]. 北京:机械工业出版社,2010.
- [8] 陈翡,韩旭杉. 无模型自适应控制策略在动态电压恢复器中的应用研究[J]. 工矿自动化,2010(12):33-35.