

文章编号:1671-251X(2016)12-0056-03

DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2016.12.012

房绪鹏,于志学,秦明,等.用于本质安全电源的新型截流型保护电路[J].工矿自动化,2016,42(12):56-58.

用于本质安全电源的新型截流型保护电路

房绪鹏, 于志学, 秦明, 闫鹏, 赵珂

(山东科技大学 电气与自动化工程学院, 山东 青岛 266510)

摘要:针对传统截流型保护电路截流值小、抗负载冲击能力差、过流故障解除后需增加恢复电路或手动电路等问题,设计了一种用于本质安全电源的新型截流型保护电路。该电路采用双重并联控制结构,提高了电路可靠性;在负载过流时能够迅速截流,故障解除后可快速投入,且投入点可调节;具有低功耗电路,降低了轻载或空载时的电源损耗。实验结果表明,该电路能够在过流故障解除后自动恢复,负载效应低,带载能力较强。

关键词:本质安全电源;过流保护;截流型保护;自动恢复

中图分类号:TD60

文献标志码:A

网络出版时间:2016-12-01 10:38

网络出版地址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20161201.1038.012.html>

A novel chopping current protection circuit for intrinsically safe power supply

FANG Xupeng, YU Zhixue, QIN Ming, YAN Peng, ZHAO Ke

(College of Electrical Engineering and Automation, Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266510, China)

Abstract: For problems that traditional chopping current protection circuit had small cut-off current value and poor anti load impact ability, and needed additional recovery circuit or manual circuit after over-current fault, a novel chopping current protection circuit for intrinsically safe power supply was designed. The circuit adopts double parallel control structure, so as to improve reliability. The circuit can chop circuit rapidly under condition of load over flowing, and put into operation fast after fault with adjusted input point. Meanwhile, the circuit has low power consumption part, so as to reduce power loss under condition of light load or no-load. The experimental results show that the circuit can recover automatically after over-current fault with low load effect and strong load capacity.

Key words: intrinsically safe power supply; over-current protection; chopping current protection; automatic recovery

0 引言

本质安全电源工作在煤矿井下及其他含有爆炸性气体的环境之中,其安全性能取决于保护电路的性能^[1]。限流型保护和截流型保护是本质安全电源的基本过流保护电路形式。限流型保护电路在进入

保护状态后,调整管的功耗高,其负载电流较大,导致电源功耗高;截流型保护电路因电路功耗低、效率高,受到越来越广泛的应用^[2-3]。但传统的截流型保护电路截流值太小,抗负载冲击能力差,过流故障解除后,需增加另外的恢复电路或手动电路^[4]。基于该情况,本文设计了一款带有自动恢复功能、带载能

收稿日期:2016-05-22;修回日期:2016-10-14;责任编辑:李明。

基金项目:山东省自然科学基金资助项目(ZR2009FM017);中国博士后科学基金资助项目(20090461254);山东科技大学研究生教育创新计划资助项目(2014BK023)。

作者简介:房绪鹏(1971—),男,山东汶上人,副教授,博士,主要研究方向为电力电子与电气传动,E-mail:xpfang69@163.com。

力强、截流值大的新型截流型保护电路。

1 新型截流型保护电路工作原理

新型截流型保护电路是输出电阻变化的电路。当负载变大或短路后,负载电流大于设定的截止电流 A,检测电路通过取样电阻将负载电流转换成电压,通过电压比较器比较,反馈到控制端,使开关管关断,负载被迅速截流,输出电压接近 0^[2]。当开关管关断后,检测电路检测到负载没有过流(即负载电流小于设定的关断恢复电流 B),迅速启动电路,使电路恢复正常,保证正常输出。图 1 为新型截流型保护电路工作原理,其中 A 点为截止点,B 点为关断恢复点,C 点为空载时负载端电压。

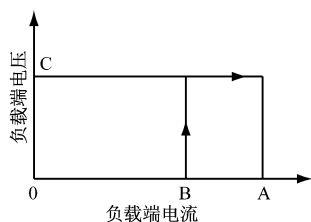


图 1 新型截流型保护电路工作原理

2 新型截流型保护电路设计

根据 GB 3836.4—2010 有关规定,ib 等级的本质安全电源必须有双重化保护^[5]。新型截流型保护电路采用双重化模块分别控制 2 个并联的 MOSFET 开关管,由启动部分、截流部分、自动恢复部分及微功耗部分构成。电路参数:输出额定电压约为 12 V,额定电流为 1.3 A,截止关断电流为 1.5 A,关断后当负载电流小于 1.2 A 时重新投入。

新型截流型保护电路采用的双重化并联控制结构是完全对称的,当其中一个控制回路不能工作时,另一个控制回路仍能保持独立正常工作,大大提高了电路的可靠性。限于篇幅,本文只分析其中 1 路,如图 2 所示,其中电压比较器 U_{11} 、 U_{12} 采用 LM311,三极管 T_1 、 T_2 采用 2N5551,开关管 VT_1 采用 IRF3710S Power MOSFET(导通电阻为 0.02Ω);稳压管 DW_{11} 、 DW_{12} 的稳定电压分别为 10、5.1 V, R_{111} 阻值为 0.1Ω 的检测电阻, R_{112} 阻值为 $10 k\Omega$, R_{113} 阻值为 600Ω , R_L 为负载。

2.1 启动部分

电路启动前 VT_1 不导通,A 点电位较高, T_2 导通, T_1 不导通,当 U_{11} 同相输入端电压大于反相输入端电压时,输出高电平, VD_1 导通, U_{12} 输出高电

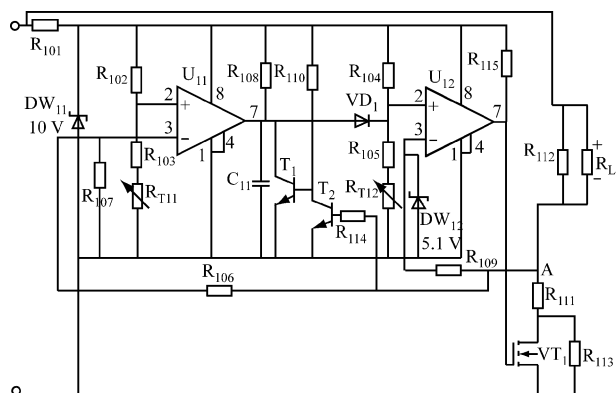


图 2 新型截流型保护电路结构(不包含微功耗部分)

平驱动 VT_1 导通,使负载端输出。 VT_1 导通后,A 点电位迅速降低, T_2 不导通, T_1 导通, U_{11} 输出的高电平被拉低, VD_1 不导通,使启动电路与后面的电路断开,实现启动功能。

2.2 截流部分

当负载电流超过截止电流 1.5 A 时,调节 R_{T12} ,使 U_{12} 反相输入端电压恰好高于同相输入端电压, VT_1 关断,实现迅速截流。其中 R_{T12} 可以调节截止点。

设 U_{12} 同相输入端电压为 U_{12+} ,则 R_{T12} 阻值可由式(1)、式(2)得到。

$$U_{12+} = \frac{12R_{111}}{R_L // R_{112} + R_{111}} \quad (1)$$

$$\frac{10(R_{105} + R_{T12})}{R_{104} + R_{105} + R_{T12}} = U_{12+} \quad (2)$$

式(1)中 R_L 取截流 1.5 A 时负载阻值。

2.3 自动恢复部分

VT_1 过流关断后,当负载电流恢复至正常值 1.2 A 时, U_{11} 同相输入端电压大于反相输入端电压,启动部分再次启动,负载正常输出。调节 R_{T11} 阻值可改变过流故障解除后电路自动恢复正常的门槛电流。为了避免反复投切引起震荡,在 U_{11} 后面加入 1 个 $1 \mu F$ 电容 C_{11} 。

设 U_{11} 同相输入端电压为 U_{11+} ,则 R_{T11} 阻值可由式(3)、式(4)得到。

$$U_{11+} = \frac{12(R_{111} + R_{113})}{R_{112} // R_L + R_{111} + R_{113}} \frac{R_{107}}{R_{106} + R_{107}} \quad (3)$$

$$\frac{10(R_{103} + R_{T11})}{R_{102} + R_{103} + R_{T11}} = U_{11+} \quad (4)$$

式(3)中 R_L 取重新投入电流 1.2 A 时负载阻值。

2.4 微功耗部分

负载开路时,整个电路仍能形成电流回路,因此

新型截流型保护电路会有部分损耗。为了弥补该缺陷,在电路加入了微功耗部分,如图 3 所示^[6]。电压比较器 U_3 采用 LM399, VT_3 为 P 沟道开关管 IRF7404 MOSFET(导通电阻为 $0.04\ \Omega$), R_{304} 阻值为 $1\ k\Omega$ 。当负载开路时, A 点电压降低,使 U_3 同相输入端电压大于反相输入端电压, U_3 输出高电平, VT_3 关断,此时整个电路只有 U_3 和 IRF7404 关断时的漏电流耗能,功耗很低;接上负载后, U_3 反相输入端电压升高,大于同相输入端电压, U_3 输出低电平, VT_3 导通,电源侧向负载侧供电。 VT_3 导通内阻仅为 $0.04\ \Omega$,不影响后面的过流保护电路。

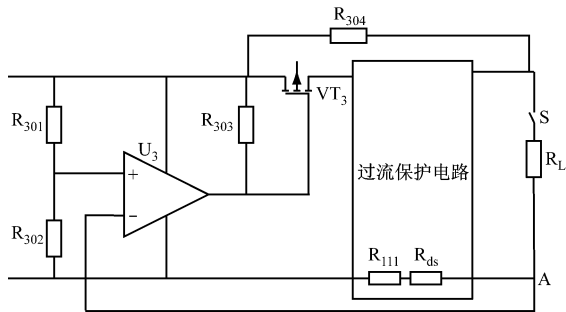


图 3 微功耗部分电路

设 U_3 同相输入端电压为 U_{3+} , U_{3+} 取值范围为

$$U_{3+} > \frac{12(R_{111} + R_{ds})}{R_{112} + R_{304} + R_{111} + R_{ds}}, \text{负载开路时} \quad (5)$$

$$U_{3+} < \frac{12(R_{111} + R_{ds})}{R_{112} // R_L + R_{304} + R_{111} + R_{ds}}, \text{负载非开路时} \quad (6)$$

式中 R_{ds} 为 VT_1 导通阻抗。

R_{301} , R_{302} 分压使 U_3 同相输入端电压 U_{3+} 在式(5)、式(6)范围内,即可实现微功耗功能。

用 Multisim 仿真软件仿真,负载开路时电源侧电流在没有微功耗部分时为 $42\ \text{mA}$,加入微功耗部分之后为 $6\ \text{mA}$,功耗只有原来的 $1/7$ 。

3 实验及结果分析

实验采用 LH25—10B12 模块模拟新型截流型保护电路的电源部分,该模块可实现 AC85~264 V 输入、DC12 V 输出^[7];采用大功率直流变阻器模拟负载。实验结果如图 4 所示。可看出当负载的阻值由大变小,负载电流逐渐变大。当负载阻值为 $7.9\ \Omega$ 时,达到截止电流 $1.50\ \text{A}$ 。过流关断后,当

负载阻值大于 $9.9\ \Omega$ 、负载电流小于 $1.21\ \text{A}$ 时重新开启。负载效应仅为 1.3% ,电源能够输出稳定电压,带载能力较强。

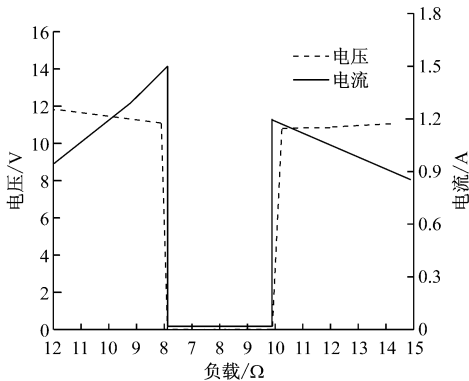


图 4 新型截流型保护电路实验结果

4 结语

新型截流型保护电路具有过流关断、自恢复功能,且电路功耗低、截止电流大、截流速度快($0.1\ \mu\text{s}$ 级)、投入点可调节。该电路不含电感元件,只有 $1\ \mu\text{F}$ 电容,在正常和故障状态下,火花放电能量小于爆炸性危险气体的最小点燃能量,满足 GB 3836.4—2010 ib 等级对本质安全电源的要求^[8]。

参考文献:

- [1] 张旭,张红娟,靳保全,等.矿用本安输出直流稳压电源设计[J].煤矿安全,2015,46(8):80-83.
- [2] 王冰纯,田小超,贾茜.截流及限流保护电路在本安电源中的应用[J].煤炭技术,2015,34(10):245-247.
- [3] 李云胜.电源的截止型过流保护电路设计[J].实验科学与技术,2010,8(1):1-3.
- [4] 吴银成,孙志飞.一种过流保护电路在高压本安电源中的应用[J].煤矿安全,2015,46(9):120-122.
- [5] 徐倩楠,李良光,朱忠鹏.矿用本安电源的设计[J].煤矿机械,2014,35(2):129-131.
- [6] 房绪鹏,张松梅.一种应用 MOSFET 的微功耗电路[J].山东电子,2000(4):31.
- [7] 司博端,房绪鹏.多输入矿用本质安全型电源的设计[J].电子质量,2013(4):1-7.
- [8] GB 3836.4—2010 爆炸性环境 第四部分 由本质安全型“i”保护的[S].