

文章编号:1671-251X(2014)04-0084-03 DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2014.04.020
刘琴.矿用本质安全型电源设计分析[J].工矿自动化,2014,40(4):84-86.

矿用本质安全型电源设计分析

刘琴

(中煤科工集团上海研究院,上海 201401)

摘要:针对本质安全型电源必须要有多重过流、过压保护的要求,介绍了一种基于 LM317 稳压器的矿用本质安全型电源电路工作原理,分析了该电路中熔断器、滤波电容、稳压器的设计要求,详细介绍了过流及短路保护电路和过压保护电路的参数计算方法。该电源电路中的过流及过压双重保护设计可为技术人员设计合理、可靠的本质安全型电源提供参考。

关键词:本质安全型电源;双重保护;过流保护;过压保护;短路保护;LM317

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 analysis of mine-used intrinsic safety power supply

LIU Qin

(CCTEG Shanghai Research Institute, Shanghai 201401, China)

Abstract:In view of requirements that intrinsic safety power supply must has multi-protection of over-current and over-voltage, the paper introduced working principle of a circuit of mine-used intrinsic safety power supply based on LM317 regulator, analyzed design requirements of fuse, filter capacitor and regulator in the circuit, and detailedly introduced calculating method of parameters of circuit of over-current and short-circuit protection and circuit of over-voltage protection. The design of double protection of over-current and over-voltage in the circuit of the power supply provides reference for designing reasonable and reliable intrinsic safety power supply.

Key words:intrinsic safety power supply; double protection; over-current protection; over-voltage protection; short-circuit protection; LM317

0 引言

随着煤矿自动化技术的发展,本质安全型电气设备的应用越来越多,需要设计安全性能可靠、输出特性好的本质安全型电源作为本质安全型电气设备和本质安全系统的配套。

本质安全型电源要求多重过流、过压保护,采取各自独立的取样电路,实现稳压、限流、快速切断等保护,按 GB 3836.4—2010《爆炸性环境 第4部分:由本质安全型“i”保护的設備》要求^[1],ib 等级本质

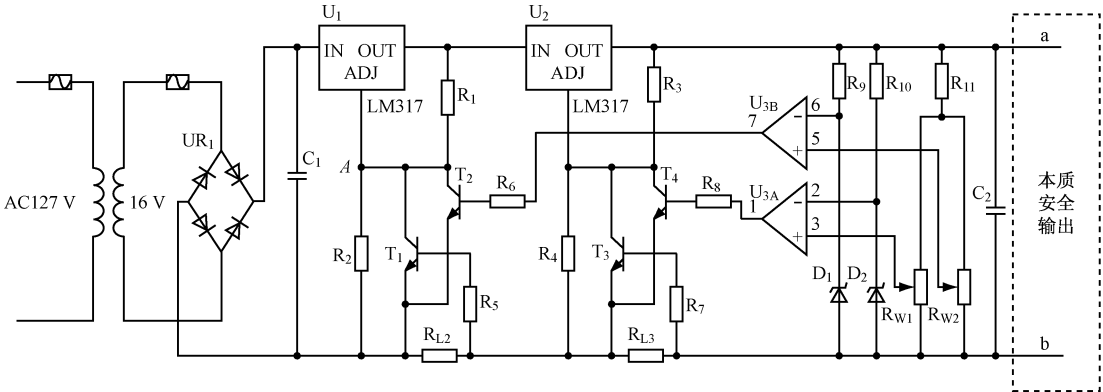
安全型电源的保护元件或组件需要双重化。目前,本质安全型电源电路种类繁多,如交直流转换采用开关电源,快速保护采用 MOS 功率开关管等。本文介绍一种采用 LM317 稳压器^[2]为主要执行元件的本质安全型电源电路的设计。

1 本质安全型电源工作原理

图1为基于 LM317 的隔爆兼本质安全型电源^[3]电路(防爆标志^[4]为 Ex d[ib] I Mb)。该电路采用双重化的过流、过压及短路保护,主要技术指

标:本质安全输出额定电压为 12 V,本质安全输出额定电流为 0.6 A;本质安全最高输出电压 U_o 为 13 V,本质安全最大输出电流 I_o 为 1 A。该电路的最大外部电容 C_o 、最大外部电感 L_o 还要根据该电路所带具体负载^[5],用火花点燃试验来确定。该电路的电性能基本要求^[6]应符合 MT/T 408—1995《煤矿用直流稳压电源》的要求。由于该电路为矿用

本质安全输出直流电源,用火花试验装置来确定该电路的本质安全参数时(包括最大外部电容 C_o 、最大外部电感 L_o),要考虑火花点燃试验过程中更换电极极性^[7]。整个电路印制板的具体要求,如敷设铜箔的厚度、印制线最小宽度、印制板线路之间的电气间隙、爬电距离^[8]等技术要求,在这里不再展开。



2 本质安全型电源设计

2.1 熔断器

电源变压器原边输入电压为 127 V,副边输出电压为 16 V,采用内外层绕制方法,内层绕制原边线圈,外层绕制副边线圈,按可靠变压器^[8-9]结构要求,内外层绕组之间加厚度为 0.075 mm 的屏蔽铜箔。根据 GB 3836.4—2010 中的表 6(屏蔽铜箔最小厚度或屏蔽导线最小直径与熔断器额定电流的关系)的规定,选择变压器原边熔断器熔芯的额定电流为 1 A。

2.2 滤波电容

在输出大电流(即负载电流大于 1 A)的整流滤波电路中,应该本着在滤波电解电容的容量和类型相同的情况下,采用体积较大的电容的原则:在大电流整流滤波电路中,在容量和类型相同的情况下,小体积电解电容的内阻要比大体积电解电容大。在整流滤波电路中,除了流过负载的直流电流外,还存在着流入流出滤波电容的纹波电流。当纹波频率为 100 Hz 时,纹波电流的有效值较大。该纹波电流流过电容器时,就会使电容器发热。由于小体积电容器的内阻大,不利于散热,所以在输出负载电流较大时,小体积电容比大体积电容发热要大一些。另外,电容的寿命与其工作温度有着密切的关系,即工作温度越高,寿命越短。

2.3 稳压器件

隔爆兼本质安全型电源电路的稳压保护器件选用 LM317 可调式集成稳压器,它可在 1.2~37 V 范围内提供大于 1.5 A 的输出电流,负载调整率为 0.1%;采用 F-2 金属封装,耗散功率为 20 W;具有全过载保护功能,包括限流保护、热过载保护和安全区域保护。LM317 稳压电路如图 2 所示。

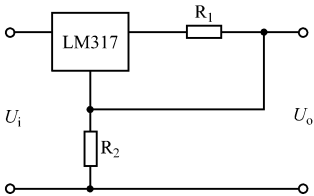


图 2 LM317 稳压电路

由图 2 得输出电压 U_o 的表达式为

$$U_o = 1.25(1 + R_2/R_1)$$
(1)

2.4 过流及短路保护电路的计算分析

由图 1 可知,过流及短路保护电路由稳压器 U_1 、 U_2 、晶闸管 T_1 、 T_3 及限流电阻 R_{L2} 、 R_{L3} 组成,输出电流通过 R_{L2} 、 R_{L3} 上的压降使 T_1 导通,A 点电位下降,输出电压下降,从而限制输出电流的大小。当输出端出现短路情况时, T_1 饱和导通,此时的输出电流为

$$I_o = 1.25/(R_{L2} + R_{L3})$$
(2)

过流及短路保护电路在限流过程中, T_1 和 T_3 有一个从放大到饱和导通的过程,因此,该电路具有

减压限流特性。当最大输出电流大于 1 A 时,输出电压下降;当输出端短路时,最大短路电流的瞬态值会大于 1 A,这时输出电压为 0。当输出故障排除后,该电路可自动恢复正常。

根据图 1 可知,整流端输入电压为 16 V,经过一级稳压 U_1 输出 DC15 V,二级稳压 U_2 输出 DC12 V。

(1) R_1, R_2, R_3, R_4 的选择。由于一级输出电压为 DC15 V,根据 LM317 的设计要求, $R_1 \leq 240 \Omega$, 实选 $R_1 = R_3 = 200 \Omega$ 。将 $U_o = 15 \text{ V}$, $R_1 = 200 \Omega$ 代入式(1),得出 $R_2 = 2\ 200 \Omega$ 。同理,由 $U_o = 12 \text{ V}$, $R_3 = 200 \Omega$,得出 $R_4 = 1\ 720 \Omega$ 。

(2) $T_1, T_3, R_{L2}, R_{L3}, R_5 \sim R_7$ 的选择。 T_1, T_3 的选择主要考虑过流及短路保护电路在快速短路保护时的动作时间,因此,选用快速开关管 3DK2B,其开启时间 $t_{on} \leq 60 \text{ ns}$,关断时间 $t_{off} \leq 110 \text{ ns}$ 。如果采用过驱动措施,当过驱动倍数大于 3 时, t_{on} 和 t_{off} 大约为十几纳秒。当 LM317 的调节端快速接地后,由于其内部电路组成的运算放大器的放大倍数足够大,在数十毫秒内,其输出电压下降到 1.25 V。实测该电源的短路保护时间 $t_v \leq 30 \mu\text{s}$ 。

由于 $R_{L2} = R_{L3}, R_5 = R_7$,所以只需计算 R_{L2} 和 R_5 。电源的最大输出电流为 1 A,该电流通过 R_{L2} 和 R_{L3} ,此时 R_{L2} 上的压降要使 T_1 饱和导通。而在额定负载电流情况下,即输出电流 $I_o < 0.6 \text{ A}$ 时, T_1 要截止,以保证输出电压正常。当输出电流 $I_o = 0.6 \text{ A}$ 时,要使 T_1 的基极电压 $U_{be} \leq 0.5 \text{ V}$,则 $R_{L2} \leq 0.5 \text{ V}/0.6 \text{ A} = 0.83 \Omega$ 。当输出电流 $I_o = 1 \text{ A}$ 时,要使 T_1 的基极电压 $U_{be} \geq 0.6 \text{ V}$,则 $R_{L2} \geq 0.6 \text{ V}/1 \text{ A} = 0.6 \Omega$,所以选择 $R_{L2} = R_{L3} = 0.8 \Omega$ 。

R_5 的选择要保证 T_1 有足够的放大倍数,当电源输出最大电流时,即 $I_o = 1 \text{ A}$ 时, $R_{L2} = 0.8 \Omega$, $U_{R_{L2}} = 1 \text{ A} \times 0.8 \Omega = 0.8 \text{ V}$ 。要使 T_1 饱和导通,则要求 T_1 的集电极电流 $I_b \geq 0.001 \text{ A}$ (实取 $I_b = 0.002 \text{ A}$),则 $R_5 = (0.8 \text{ V} - 0.6 \text{ V})/0.002 \text{ A} = 100 \Omega$ 。

2.5 过压保护电路的计算分析

为了保证输出电压在出现电路故障时不大于 $12 + 0.2 \text{ V}$ (这时的设计思路是以 $U_o = 13 \text{ V}$ 为基准,出厂调试时与 U_o 相比较留有一定的安全裕

量)。双重过压保护电路由晶闸管 T_2, T_4 、电阻 $R_1, R_3, R_6, R_8, R_9 \sim R_{11}$ 、电压比较器 U_{3A}, U_{3B} 、稳压器 U_1, U_2 、可调电阻器 R_{W1}, R_{W2} 及稳压二极管 D_1, D_2 组成。

D_1, D_2 为 U_{3A}, U_{3B} 提供基准电压,选择 $R_{W1} = R_{W2} = 22 \text{ k}\Omega, R_{11} = 1.5 \text{ k}\Omega$,假设 D_1 的稳压值为 4.5 V,调节 R_{W2} 使当输出电压为 12 V 时, U_{3B} 的同向输入端电压为 4.48 V;当输出电压为 $12 + 0.2 \text{ V}$ 时, U_{3B} 的同向输入端电压将大于 4.5 V。 R_9, R_{10} 的计算原则: D_1, D_2 导通时,经 R_9 流过 D_1 的最大电流要小于 D_1 的最大工作电流。经调试试验,实际选择: $R_{W1} = R_{W2} = 22 \text{ k}\Omega; R_{11} = 1.8 \text{ k}\Omega; D_1, D_2$ 为 6.8 V 稳压二极管; $R_9 = R_{10} = 2 \text{ k}\Omega$ 。为了安全可靠, U_{3A}, U_{3B} 一定要用 2 个独立的运算放大器,这一点在设计应用中非常重要。

3 结语

介绍了一种基于 LM317 的本质安全型电源电路的设计,该电路中的过流及过压双重保护电路可为技术人员设计合理、可靠的本质安全型电源提供参考。

参考文献:

- [1] GB 3836.4—2010 爆炸性环境 第 4 部分:由本质安全型“i”保护的的设备[S].
- [2] 袁捷,李雨慷.探讨 LM317 三端可调稳压器原理及应用[J].数字技术与应用,2011(4):71.
- [3] 曹世祐.中国煤炭工业百科全书 机电卷[M].北京:煤炭工业出版社,1997.
- [4] GB 3836.1—2010 爆炸性环境 第 1 部分:设备 通用要求[S].
- [5] 付淑玲,安里千,李真西.本质安全电气设备中 R_i, L_i 和 C_i 参数测试分析[J].电气防爆,2012(2):40-43.
- [6] MT/T 408—1995 煤矿用直流稳压电源[S].
- [7] 中煤科工集团上海研究院检测中心.煤矿电气防爆技术基础[M].徐州:中国矿业大学出版社,2012.
- [8] GB 3836.3—2010 爆炸性环境 第 3 部分:由增安型“e”保护的的设备[S].
- [9] 朱前伟.一种新型本质安全型电源的设计[J].工矿自动化,2010,36(10):21-24.