

煤矿电子电器新技术新产品丛书

煤电钻及照明变压器综合装置的 工作原理与使用

主编 武子鲁

煤炭工业出版社


煤矿电子电器新技术新产品丛书

煤电钻及照明变压器综合装置的 工作原理与使用

主编 武 予 鲁

煤炭工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

煤电钻及照明变压器综合装置的工作原理与使用/武予鲁主编. —北京: 煤炭工业出版社, 2001

ISBN 7-5020-2094-2

I. 煤… I. 武… III. ①煤矿开采-电动凿岩机-变压器-保护装置②煤矿-矿山照明-变压器-保护装置
IV. TD611

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 079236 号

煤矿电子电器新技术新产品丛书
**煤电钻及照明变压器综合装置的
工作原理与使用**

主编 武予鲁
责任编辑: 姜庆乐

煤炭工业出版社 出版发行
(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)
煤炭工业出版社印刷厂 印刷

开本 $787 \times 1092 \text{mm}^{1/32}$ 印张 $3\frac{5}{8}$ 插页 7
字数 72 千字 印数 1—2,200
2001 年 12 月第 1 版 2001 年 12 月第 1 次印刷
社内编号 4865 定价 8.50 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 本社负责调换

序

人类已跨入 21 世纪,亦称是知识经济的世纪或信息时代,科学技术将得到飞速发展,煤矿不仅面临知识经济的挑战,而且还面临我国加入世贸组织(WTO)的挑战和影响。在这样一种世界经济环境条件下,新技术、新材料、新产品、新工艺将加快进入煤炭行业,这就迫使我们不断掌握和运用新技术,来改造传统的煤矿井下作业条件和传统的工艺,提高煤矿安全生产水平。这也可谓之以知识产权为依托的企业技术创新与发展之路。只要我们达到“任尔东西南北风,咬定创新不放松”的境界,无论面对多么复杂的环境,我们都能从容应对。

目前,煤矿井下应用的电子电器种类越来越多,技术水平越来越先进,工程技术人员及有关应用人员学习掌握这些新技术需要有一些参考书,而在煤矿现场很难找到这方面的资料;另外,青工培训、技术比武活动也需要一些培训教材。鉴于此,平顶山煤业(集团)有限责任公司组织部分专家学者,在对新产品、新技术进行消化、总结的基础上,编写了《煤电钻及照明变压器综合装置的工作原理与使用》一书。希望本书的出版发行能推进煤矿技术进步和新技术、新产品的普及,并提高产品的使用效率,确保煤矿的安全生产。

平顶山煤业(集团)有限责任公司

总工程师
教授级高工



2001年9月26日

前 言

采掘工作面的煤电钻经常出现烧毁,电缆被砸造成漏电、短路等事故,直接影响生产和安全。为此《煤矿安全规程》第457条规定:“煤电钻必须使用设有检漏、漏电闭锁、短路、过负荷、断相、远距离起动和停止煤电钻功能的综合保护装置”。平顶山煤业(集团)公司选用了上海电器厂生产的BZ80—2.5Z和淮南望峰岗煤机厂生产的ZZ8L—2.5两种型号煤电钻综合保护装置,或称煤电钻变压器综合装置,在使用、学习的基础上又开发出了BZZ型新产品。另外,127V照明变压器综合保护装置也得到了应用。目前,煤电钻、照明变压器综合装置这两种产品在全公司各矿都得到推广使用,使煤电钻电缆和127V照明电缆有了可靠保护,从而杜绝了127V供电电缆因过载、短路产生火花危险,对采掘工作面安全生产及输送机巷设备运行发挥了重要作用。这种装置的优越性是:

(1) 减少了设备的数量及重量。原来的煤电钻、井下照明供电系统是由干式变压器、一次侧手动开关、二次侧磁力开关及检漏继电器4台设备组成的,其全重达200kg以上,安装搬移困难;而综合保护装置的供电系统只用一台装置取代了原有的4台设备,使总重量下降到50kg以下,给井下安装、使用、运输、检修带来了方便。

(2) 解决了煤电钻电缆不工作时带电的问题。以往采掘工作面煤电钻停止工作时煤电钻电缆仍然带电,在采掘中很

容易被砸伤造成电缆短路冒火,易造成瓦斯煤尘爆炸事故。煤电钻综合保护装置则解决了这一问题,它主要是靠煤电钻保护装置中的先导回路、控制回路和检漏保护回路等部分的互相配合,达到煤电钻只有在工作时电缆才带电和电缆或煤电钻的绝缘降低到规定值以下时,能提前切断煤电钻电源,因而大大提高了安全可靠性。

(3) 由于采用了载频短路保护技术,照明供电距离由原来的几百米可以增加至 2000m。

为了使用好、维修好这几种对煤矿安全和生产有重大影响的综合装置,提高技术工人专业知识,平顶山煤业(集团)公司技术中心针对本公司实际应用的产品,收集了具有代表性的几种煤电钻、照明变压器综合保护装置的电路图,以图文并茂、深入浅出方式介绍工作原理、使用注意事项,供广大工程技术人员,煤电钻、照明变压器综合装置使用及检修人员学习和参考,也可作为职工专业技术培训教材。

本书由武予鲁担任主编。第一、二章由武予鲁编写;第三、四章由杨从孝编写;第五、六章由李灿欣编写;第七、八章及附录由武浩编写;全书由武予鲁统审定稿。在本书编写过程中,得到了平煤(集团)公司副总工程师于励民、生产管理处副处长陶建平以及陶士斌、席波、刘光田、张新成、薛建东、陈旭昌、陈唯建等有关人员的大力支持和帮助,在此一并表示衷心感谢。

因作者水平有限,书中难免有遗漏和不当之处,恳请广大读者批评指正。

平顶山煤业(集团)公司技术中心

2001年10月15日

目 录

第一章 BZZ—2.5 (4) 型煤电钻综合装置	1
一、产品特点	1
二、技术性能	2
三、电气原理	2
四、转换式有限跟随技术	5
五、使用注意事项	10
六、原理图中所用元器件规格	13
第二章 BZ80—2.5Z 型煤电钻变压器综合装置	15
一、产品的性能和基本技术数据	15
二、结构及主要元件特征	16
三、线路工作原理	19
四、使用注意事项	27
第三章 ZZ8L—2.5IV 型煤电钻变压器综合装置	30
一、技术特征和主要参数	30
二、结构概述	30
三、主要元件的作用	31
四、电气原理	32
五、使用注意事项	37
六、电气元件测量数据 (线路板插件部分)	39

七、常见故障及处理方法	40
第四章 ZXZ₉-2.5/4-Ⅱ、Ⅲ型 127V 照明信号	
综合装置	43
一、技术特征	43
二、主要元件作用	45
三、电气原理	45
四、试验电路	51
五、使用注意事项	51
第五章 BBM1-4.0 照明变压器综合保护装置	54
一、基本参数及主要性能指标	54
二、主要元件作用	55
三、终端装置	56
四、工作原理	56
五、使用注意事项	59
六、原理图中元件规格	60
七、终端原理图中元件规格	61
第六章 BZX-4 (2.5) 照明信号综合装置	63
一、技术特征	63
二、基本特点	63
三、电路组成	64
四、保护电路动作过程	67
五、原理图中元件规格	68
六、使用注意事项	70

第七章 ZXB—2.5/4 型照明信号综合保护装置 73

- 一、技术特征 73
- 二、主要元件作用 75
- 三、电气原理 75
- 四、动作试验电路 79
- 五、使用注意事项 79

第八章 KZB—2.5/4 型煤电钻综合保护装置 82

- 一、概 述 82
- 二、基本技术参数 82
- 三、主要元件的作用 83
- 四、电气原理 83
- 五、使用注意事项 86
- 六、电子插件板元件参数 88

**附录一 矿用隔爆型煤电钻变压器综合装置中检漏
环节电气性能要求 90**

**附录二 煤电钻、照明变压器综合装置常用的集成
电路芯片 93**

**附录三 煤电钻、照明变压器综合装置使用的特殊
元件 98**

附录四 载频短路保护技术 100

附录五 快速断电技术 102

第一章 BZZ—2.5 (4) 型煤电钻 综合装置

BZZ—2.5 (4) 型煤电钻综合装置是由平煤集团技术中心、煤矿机械厂共同研制开发的,用于煤矿井下 127V 手持式煤电钻的供电、控制与保护。该产品具有电路简单、集成度高、元部件布置合理、维修方便、运行可靠等特点。2.5 型允许外接 1 台 1.2kW 煤电钻;4 型允许外接 2 台 1.2kW 煤电钻。两种型号除主变容量不同(振荡线圈磁芯位置略有不同)外,其它可通用。

一、产品特点

(1) 漏电跳闸电源多数产品是从 127V 三相电网经半波整流获得,随交流电网电压波动,直流电压值也会变化,对漏电跳闸动作值影响很大。实测当电网电压低至 $80\%U_N$ (额定电压) 时,单相直接接地漏电保护不动作。利用运算放大器组成转换式电压跟随电路后,可实现当电网电压低到 $75\%U_N$ 时,单相经 $1.5k\Omega$ 电阻接地,漏电保护能可靠动作。

(2) 现场发现,当电网电压较低时,煤电钻空载运行不可靠。原因是电流互感器的输出不能使驱动继电器的三极管饱和导通,继电器吸合不好造成的。采用集成电路取代三极管解决了这个问题。

(3) 执行电路中有的厂家使用小型密封继电器,维修量大。改用中功率的直流继电器,用 555 时基电路驱动,电路

中增加阻容等元件，使继电器吸合时电流大，维持吸合时电流小，运行经济可靠。

二、技术性能

(1) 主变容量：2.5kVA 或 4kVA；额定电压：660—380/133V。

(2) 漏电保护动作值为 $2k\Omega + 20\%$ ，闭锁值为 $4k\Omega + 20\%$ ，单相经 $1k\Omega$ 电阻接地分断时间 $\leq 0.25s$ 。

(3) 短路保护具有短路闭锁和短路跳闸功能，动作时间 $\leq 0.1s$ ，有效保护距离为 $0 \sim 200m$ 。

(4) 采用热继电器作过负荷保护，过负荷 1.3 倍动作时间 $\leq 2min$ ，6 倍动作时间 $\leq 5s$ 。时间都是从热态开始计算的。

(5) 电网电压在额定值的 $90\% \sim 110\%$ 范围内变化，装置能正常工作。

三、电气原理（见图 1—1）

1. 主回路

主回路由隔离开关 1K，一次侧熔断器 1FU、2FU，主变压器 ZB，二次侧熔断器 3FU、4FU，热继电器 JR，交流接触器主触点 CJ_{1-3} ，外接矿用煤电钻电缆（ $0 \sim 200m$ ）及煤电钻（手把开关 2K）组成。

2. 主控制回路

交流接触器线圈经继电器常开触点 J_1 和熔断器 5FU 接于交流 127V 电源侧。

3. 直流稳压电源

由控制变压器 KB 二次提供 20V 交流电，经 D_{1-4} 桥式整流，电容 C_1 、 C_2 滤波，IC1 稳压输出 +15V 直流。

4. 起动控制电路

电钻起动: 闭合煤电钻手柄开关 2K, 先导控制回路接通。直流+15V→D₅→插头座 17→CJ₄ 常闭→2TA₁→a 相→2K→MZ→2K→C 相→CJ₅ 常闭→插头座 19→R₂₉→R₃₃→0V, 回路电流在 R₃₃ 上的电压降大于 IC4 输入端 2、6 的翻转电压 (7V), IC4 输出端 3 脚输出低电位 (0V)。继电器 J 得电, 触点 J₁ 闭合, CJ 得电, 主触点 CJ_{1~3} 闭合, 电钻运转。

电钻运转: 运转后 IC4 输入端的维持电位由电流互感器 LH 提供交流, 经 D₁₇ 半波整流后供给。

电钻停止: 松开 2K, 主电路电流中断, LH 无输出, IC4 输入端电位为 0V, 输出端 3 脚输出高电位。J 失电, CJ 失电, 切断 127V 电源, 保证煤电钻不打钻时电缆不带电。

5. 漏电闭锁电路

利用+15V 电源作为直流检测电源。检测回路为: +15V→D₅→插头座 17→CJ₄→2TA₁→插头座 1→R₁₂→D₉→R₁₆→R₁₈→0V。在 127V 电网对地绝缘电阻≤4kΩ 时起动煤电钻 (闭合 2K), 则电网对地绝缘电阻和 R₁₇ 与 (R₁₂//R₁₃//R₁₄+R₁₆) 相并联, 使检测回路中 R₁₈ 上的电压降增大, 即双运放 IC2 的同相输入端 3 脚电位大于反相输入端 2 脚电位 (4V), 输出端 1 脚输出高电位, 经 R₂₀ 和 R₂₄ 分压使时基电路 IC3 翻转, 3 脚输出低电位, LED₂ (黄灯) 亮表示漏电; 另外通过 D₁₆ 降低 IC4 的 2、6 脚电位, IC4 的 3 脚输出高电位, 继电器 J 不能得电, 对 CJ 实行闭锁。由于 IC3 的 7 脚 (放电) 和 4 脚 (复位) 通过 R₂₇ 接电源+15V, 所以具有翻转自锁的特性, 重新断合一次 1K, 方能解除自锁。

6. 漏电保护电路

漏电保护电路采用三相半波整流直流检测式原理, 并使

用了转换式电压跟随给定电路,解决了电网电压波动对动作值的影响。

2K 合闸,电钻运行后,检测回路为: $(D_{9\sim 11}) \rightarrow R_{16} \rightarrow R_{18} \rightarrow 0V \rightarrow R_{22} \rightarrow R_{21} \rightarrow D_{14} \rightarrow$ 插头座 10 $\rightarrow$ 接地极 $J_{di} \rightarrow$ 电网对地绝缘电阻 $\rightarrow$ 电网 a、b、c $\rightarrow (R_{12} // R_{13} // R_{14}) \rightarrow (D_{9\sim 11}) -$ 。当电网对地总绝缘电阻 $\leq 2k\Omega$ 时, R_{18} 上的压降增大, IC2 的 3 脚电位大于 2 脚电位, 1 脚输出高电位,使 IC3 翻转, 3 脚输出低电位并自锁。通过 D_{16} 使 IC4 翻转, 3 脚输出高电位, J 失电, CJ 失电而跳闸。LED₂ (黄灯) 亮表示漏电故障。

7. 短路保护电路

对 127V 电网采用高频检测方式,具有送电前的短路闭锁和送电后的短路跳闸两种功能。

由三极管 VT、电感 L_1 和 L_2 、电容 C_4 等元件组成电感三点式振荡器,振荡出高频信号,频率为 25kHz,经 L_3 、 L_4 、 $C_{5\sim 8}$ 、 R_5 、 R_6 接于 127V 三相电网上。

在电网未发生短路时,电网相间阻抗较高,振荡器工作正常。 L_2 上的高频信号经 D_7 、 R_9 、 C_{10} 转换为直流,电位约 9V,加于双运放 IC2 的同相输入端 5 脚,而反相输入端 6 脚给定电位为 2.5V,故输出端 7 脚输出高电位。 D_{15} 反偏,不影响 IC4 的工作。

当电网发生短路故障时,相间阻抗降低,振荡器因负荷过重而停振。IC2 的 5 脚电位等于零, 7 脚输出低电位,经 D_{15} 使 IC4 的 3 脚输出高电位, J 不能得电, CJ 不能得电。此时若为送电前 (未合 2K), 实现了短路闭锁; 若为送电后 (已合 2K) 完成短路跳闸功能。 D_8 使 IC2 自锁。此时 LED₁ (红灯) 亮,表示短路故障。

8. 过负荷保护

过负荷保护采用 JR16B 型热继电器, 简单可靠, 调整方便。

9. 试验电路

漏电试验: 按压 1TA 按钮, 电网 a 相经 R_{11} ($1k\Omega$) 与辅助接地极 F_d 接通, 实现漏电闭锁或漏电跳闸; 同时发光二极管 LED₂ (黄色) 亮, 表示电网已发生漏电故障。

短路试验: 按压 2TA 按钮, 电网 a、c 相经电容 C_{19} 接通, 对高频信号相当于短路, 实现短路闭锁或短路跳闸; 同时发光二极管 LED₁ (红色) 亮, 表示电网已发生短路故障。

另外两只绿色发光二极管, LED₃ 为 +15V 电源指示, LED₄ 为煤电钻运转指示。

4 个发光二极管在观察窗口看实际排列顺序为: 从左向右为 LED₁、LED₃、LED₄、LED₂。

四、转换式有限跟随技术

1. 原理

大多数煤电钻综合装置, 采用 3 个二极管半波整流的漏电保护方式, 其检测电压随 127V 电网电压波动, 信号电压也必然随之波动, 造成漏电保护动作值不稳定, 装置误动和拒动增加, 影响其保护性能。

跟随电压给定法是用控制电路低压电源中的三端集成稳压器的输入端提供比较器的给定电压, 满足信号电压与给定电压随电网电压同时波动的要求, 这就是“跟随”。但实际试验表明, 该法跟随作用过于强烈, 会造成电网电压低时漏电动作值反而增加, 电网电压高时动作值则降低的现象, 并使本来比较稳定的漏电闭锁值误差加大。为解决此问题, 在跟随电压给定法的基础上再增加两项措施: 一是利用直流继电

器 J 的一组常闭辅助触点 J_3 来作给定电压源的转换；二是在漏电给定电阻 R_9 对地之间串联两个硅二极管，该法即为转换式有限跟随电压给定法。

转换式有限跟随电压给定法的原理如图 1-2 所示，注意元件编号与原图不一样。电钻起动前，直流继电器 J（图中未画出）失电， J_3 闭合，将 A 点电位钳定为三端稳压器 W 的输出端 2，即 +15V，经 R_2 、 R_9 、 D_1 、 D_2 分压在比较器的反向输入端得到固定的给定电压，而漏电闭锁的检测电压也是由稳压器 W 的 2 端提供（图中未画出），因而漏电闭锁动作值准确、稳定。当电钻起动后，J 得电， J_3 打开，给定电压由稳压器 W 的输入端 1 提供，经 R_1 、 R_2 、 R_9 、 D_1 、 D_2 分压而得。显然，给定电压是随电网电压同时变化的，这就是“跟随”。此时，检测电压由 3 个二极管半波整流而得，随电网电压同时同程度波动。由于在 R_9 支路中串联有两个二极管 D_1 、 D_2 ，而

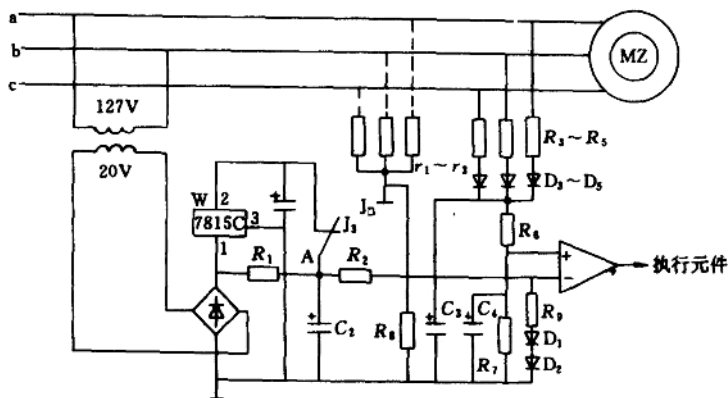


图 1-2 煤电钻综合装置漏电保护部分电路示意图

二极管的门槛电压是基本不变的，该设计使得给定电压的波动程度小于电网电压的波动，称之为“有限跟随”。经多组方案反复试验，给定电压的不变部分约为总量的 $1/3$ 时，动作值变化最小，设计时可根据给定电压的大小来决定串接二极管的数量。

2. 电路分析及计算

煤电钻综合装置漏电保护部分的电路如图 1-2 所示。

漏电信号检测回路

为：(D₃~D₅) + → R₆ → R₇ → 0V → R₈ → J_B → 电网对地绝缘电阻 (r₁~r₃) → 电网 → (R₃~R₅) → (D₃~D₅) -，从 R₇ 上取出信号电压送至比较器的同相端。

由三相半波整流原理和图 1-3 所示波形可知，在一个周期内，3

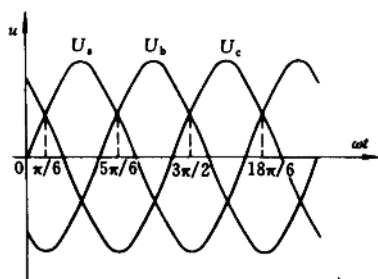


图 1-3 三相电网电压波形图

个整流管依次处于导通和截止状态，每 $1/3$ 周期仅有一个整流管导通，而其它两个截止，因此，我们只须取一个 $1/3$ 周期来研究。

如图 1-3 所示，在 $\omega_1 = \pi/6 \sim 5\pi/6$ 范围内，各相平均整流电压为：

$$U_{ap} = \frac{1}{2\pi/3} \int_{\pi/6}^{5\pi/6} \sqrt{2}U_s \sin \omega t d\omega t = 1.17U_s$$

$$U_{bp} = \frac{1}{2\pi/3} \int_{\pi/6}^{5\pi/6} \sqrt{2}U_s \sin \left(\omega t - \frac{2\pi}{3} \right) d\omega t$$

$$= -0.59U_a$$

$$U_{cp} = \frac{1}{2\pi/3} \int_{\pi/6}^{5\pi/6} \sqrt{2}U_a \sin\left(\omega t - \frac{4\pi}{3}\right) d\omega t$$

$$= -0.59U_a$$

当电网电压为 127V 时, a、b 和 a、c 之间的平均整流电压为:

$$U_{ab} \cdot p = U_{ac} \cdot p = U_a \cdot p - U_b \cdot p$$

$$= 1.76U_a = 1.76 \times 127 / \sqrt{3} = 129V$$

漏电信号取样电压, 即比较器“+”端电压(漏电阻为 $2k\Omega$) 为:

$$U_{T+} = \frac{U_{ab} \cdot p}{R_5 + R_6 + R_7 + R_8 + (r_1 // r_2)} \cdot R_7$$

$$= \frac{129}{12+1+1+14+2} \times 1 = 4.3V$$

比较器的给定电压电源由稳压器 W 的 1 端提供, 经 R_1 、 R_2 、 R_9 、 D_1 和 D_2 分压而得:

$$U_{T-} = \frac{U_{w1} - 2 \times 0.7}{R_1 + R_2 + R_9} \cdot R_9 + 2 \times 0.7$$

$$= \frac{24 - 1.4}{20 + 23 + 5.5} \times 5.5 + 1.4 = 3.96V$$

其中, 24V (U_{w1}) 是电网电压 127V 经变压、整流、滤波而得, 0.7V 为二极管的门槛电压。

表 1-1 列出了在绝缘电阻等于 $2k\Omega$ 时, U_{T+} 、 U_{T-} 分别随电网电压波动的情况。

表中数值的计算采用的是直流电路模型, 忽略了漏电过渡过程和电容漏抗的作用, U_{T+} 的实测值应略小于计算值。

当不采用跟随技术时, 比较器给定电压约为: