

一种开关柜智能操控装置的设计与实现

孙兴丽, 刘曙光

(西安工程大学, 陕西 西安 710048)

摘要: 目前, 电力系统中高压开关柜的一次系统图动态指示、温湿度控制、高压带电指示及验电、防误操作和智能化操控是由几个独立的电子装置分别实现的, 由于柜体上安装了不同厂家的多个元件, 势必会带来集成度低、配线复杂、可靠性差的缺点, 影响了开关柜智能操控的功能。笔者在分析智能操控装置应具有的基本功能的基础上, 给出了它的原理设计及几项关键技术。所设计开发的这款装置不仅能够实现一次图模拟显示、高压带电显示及闭锁、断路器分合状态指示、储能指示、接地开关指示、手车位置指示、分合闸回路指示、远方/本地操作, 还能够进行温湿度智能控制和语音防误操作提示, 可以大大提高开关柜操控的集成度和智能化程度。

关键词: 开关柜; 智能操控; 一次系统图; 装置

中图分类号: TM774

文献标志码: A

文章编号: 1001-1609(2009)01-0076-05

Design and Implementation of a Intelligent Manipulation Device for Switchboard

SUN Xing-li, LIU Shu-guang

(Xi'an Polytechnic University, Xi'an 710048, China)

Abstract: At present, dynamic indicating of primary system diagram, control of temperature and humidity, high-voltage live instruction and electricity testing, guards against incorrect operation, and intelligent manipulation are usually achieved by several independent electronic devices in a high-voltage switchboard of power system. A switchboard is often equipped with many components from different factories, which will inevitably bring about the shortcomings of low integration, complex wiring, and lower reliability to weaken the automatic operation function of the switchboard. By analyzing the basic functions that an intelligent control device should possess, principle design and several key technologies for an intelligent manipulation device are presented in this paper. This new device can realize simulation display of a primary system diagram, high-voltage live indication and interlocking, circuit-breaker states instruction, storage indication, earthing switch instruction, handcart location indication, switching closing circuit display, remote/local operation, temperature/humidity intelligent control, and voice-prompt of fault operation.

Key words: switchboard; intelligent manipulation device; primary system diagram

0 引言

高压开关柜是根据不同用途的接线方案, 将一、二次设备组装在柜中的一种高压成套配电装置。随着电力工业的大发展和国内配电网的大规模建设, 使开关柜的需求量猛增。它在现场运用极为广泛, 但是也存在着操控上的一些问题和安全隐患^[1-3]: 开关柜在运行过程中柜门始终是封闭的, 运行人员无法知道柜内的主接线, 虽然每面开关柜都标有一次主接线图, 但这种指示方式不能动态指示开关柜内各种元器件的实际工作状态; 开关柜验电问题是一个多年来困扰电力安全生产的问题; 目前开关

柜上大量使用以氖灯作为显示元件的高压带电显示装置, 经过长时间的运行使用, 失明率高, 氖灯大量损坏; 凝露问题在绝缘事故中占相当大比例, 高压柜内的温湿度控制不能忽略; 尽管开关柜上已有一定的机械“防误”措施, 然而如果能加上语音防误提示则可以更方便运行人员的操作。

开关柜智能操控装置就是针对电力开关柜开发设计的一种新型的多功能、智能化模拟动态指示装置。它集一次回路模拟图、开关状态、断路器位置、接地开关位置、弹簧储能状态、隔离开关状态、语音防误提示、高压带电指示、高压带电闭锁以及自动(手动)加热除湿控制、温湿度控制、加热器故障、超温报警指示等多功能于一体。

收稿日期: 2008-03-05; 修回日期: 2008-09-07

作者简介: 孙兴丽(1983-), 女, 河北石家庄人, 硕士研究生, 主要研究方向为嵌入式控制技术与发展。

1 智能操控装置应具有的基本功能

1.1 动态模拟一次接线图

一次接线图是指由变压器、断路器、隔离开关、母线、电流互感器以及电压互感器等主要电气设备按一定顺序用导线相互连接起来的电气回路。开关柜在投运过程中柜门始终是封闭的,如果没有一次主接线图,运行人员无法知道该柜体内部的主接线。但这种指示方式是静态的,它不能动态指示出断路器的位置(分/合)、接地开关的位置(分/合)、弹簧储能状态(已储能/未储能)、手车处于工作位置还是试验位置(对于手车柜)以及上下隔离开关的位置(对于固定柜)等。实际上,这些电气量属于开关量,可以通过对开入量的检测,用一些“十”字灯或“V”字灯动态模拟出开关柜一次系统图上各种元器件的位置或状态。

模拟图应显示内容为:断路器分闸/合闸显示、预分/预合闪烁指示、接地显示、储能状态显示、工作位置/试验位置显示、手车进出过程中动态显示、断路器与接地开关的防误闪烁提示等。

1.2 柜内温湿度控制

由于高压开关设备在运行中受环境条件影响很大,加之我国地域和气候条件差异很大,高寒、高湿环境对高压开关柜运行很不利。当温度与湿度达到凝露程度时,会造成开关设备闪络事故,也就是绝缘事故。这就需要对环境中的湿度和温度加以控制,使之不因凝露而发生绝缘闪络。

为了达到开关柜防凝露的目的,温湿度控制回路应带1路湿度传感器、1路温度传感器及除湿或加热输出触点,同时要求温湿度值能数字显示,用户可根据需要设置加热/除湿输出的上下限。一般来说,开关柜的湿度测量、控制范围为0~99%RH,温度测量、控制范围为0~99℃。

1.3 高压带电显示

高压开关柜验电问题是一个多年来困扰电力安全生产的问题,目前推广的全封闭型“五防”开关柜的机械“五防”闭锁装置,无法满足安全规程“先验电、后挂接地线”的要求。因为在执行停电工作时,在合接地开关前必须验明设备已无电压。然而封闭式高压开关柜处于全封闭状态,按照正常的操作方法,无法用便携式高压验电器对设备进行验电,因此,就出现了强行解锁打开开关柜柜门的方式验电。鉴于老式高压带电显示装置存在的诸多问题,客观上需要一种全新的具有高可靠性、长寿命、免维护、显示清晰醒目、能弥补老式高压带电显示装置缺陷的新型带电显示装置,以有效防止误入带电间隔或带电合接地开关等引起的人身、设备事故。

用于高压带电指示的LED启辉电压(kV)^[3]:母

线电压 $\times 0.15$ (A、B、C三相灯亮);用于电磁锁闭锁的启控电压(kV)^[3]:母线电压 $\times 0.65$ 。当三相同时不带电时,闭锁解除灯亮,启动电磁锁动作。

1.4 语音防误提示

语音防误是指运行人员误合断路器、误带负荷拉/合隔离开关(或推/拉手车)、误带电挂接地线时,装置能够自动发出语音提示及闪光提示。

1.5 操控功能

操控功能是指从装置上就能够直接进行断路器合分闸操作、储能操作、远方/就地操作,而无须通过开关柜柜门上的开关操作。

2 开关柜智能操控装置的硬件设计

2.1 智能操控装置硬件组成及工作原理

开关柜智能操控装置的硬件组成见图1。整机电路由开关状态显示、高压带电指示、温湿度控制、单片机状态采集控制与通信等单元模块组成。

开关状态显示电路的输入信号取自开关柜中一次元件的辅助触点,经电磁或光电隔离后直接驱动十字型或V字型数码管指示开关的分/合状态;高压带电指示电路的输入信号取自与母线相连的高压带电传感器,经光电隔离、调理运算后输出高压带电闭锁信号(常开型无源接点),并以高亮LED指示高压带电相别、闭锁/解除状态;温湿度控制电路配用湿度传感器和温度传感器,信号经调理放大与逻辑比较后输出加热器控制信号(常开型无源接点),可启动/停止加热器工作,以预设控制范围调节开关柜环境温度;同时具有加热回路故障检测功能,在加热器启动状态下,若加热回路因断线或接触不良出现回路阻值变大而引起电流变小时,将输出断线告警信号(常开型无源接点),可用以驱动各种声光报警装置;另外,装置上还附设了手动加热控制电路,用来对温湿度控制电路进行功能测试或实现加热器的强制启动;加热器启停及加热回路故障等状态同时以高亮LED进行指示。

2.2 主控模块

主控模块的核心为P89LPC952低功耗单片机,它具有以下主要特点^[4]:采用高性能的微处理器结构,指令执行时间只需2到4个时钟周期,6倍于标准80C51器件;内部有8kB可擦除Flash程序存储器,256字节RAM数据存储器和256字节附加片内RAM;2个16位定时/计数器,23位的系统定时器可用作实时时钟(RTC);两个增强型UART,具有波特率发生器、间隔检测、帧错误检测和自动地址检测功能,400kHz字节宽度的I2C通信端口和SPI通信端口;看门狗定时器具有独立的片内振荡器,无需外接元件,看门狗预分频器可从8个值中选择;具有Window比较器的8输入多路

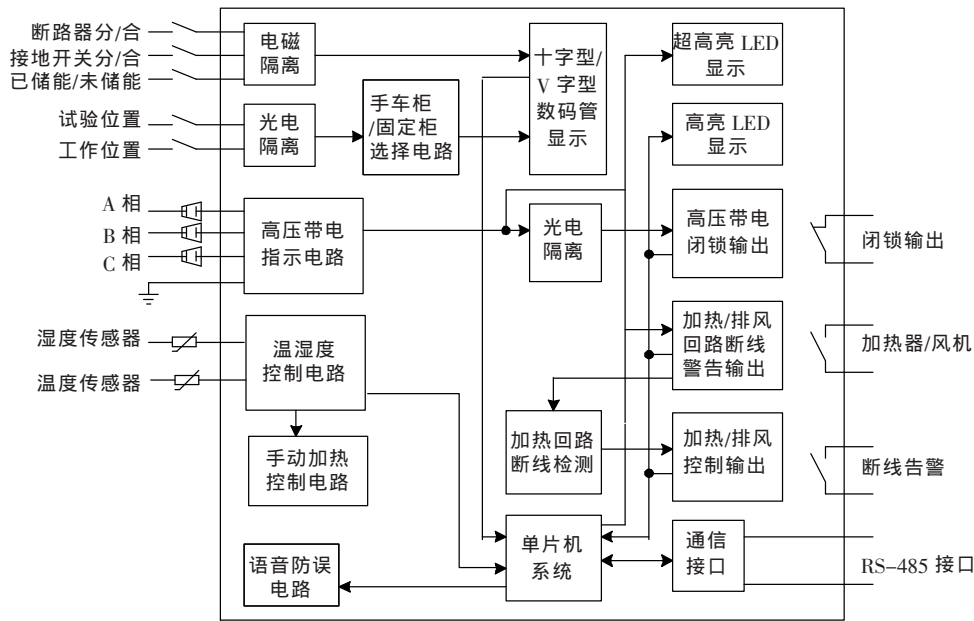


图1 硬件组成

10位 A/D 转换器,结果在允许范围以内或以外都可产生中断。

功能单元由主控板、温湿度采样电路、开关量输入电路、显示驱动电路、语音控制电路、通讯电路、继电器开关、接线端子和电源组成,见图2。主控模块 P89LPC952 的 P5 口用来控制 LED 的字形输出;P4 口用于控制显示驱动电路的片选和 8 个开关量的输入;P2.0~P2.3 是控制语音芯片的 4 段选通位;P0.0、P0.1 引脚分别是温、湿度信号输入端;P0.2、P0.5 引脚是对风机和加热器的继电器开关的控制;P0.4、P0.5 是编程器的输入端;P0.6、P0.7 分别是开关量的输入选通和按键输入端;P1.4、P2.4 是外扩存储器芯片的连接引脚;P1.6 是过热报警输出信号

端;P0.3、P1.0、P1.1 引脚与芯片 MAX1487 连接完成通信功能;P1.2、P1.3 分别是风机和加热器的断线告警引脚。

当 KEY IN0 为高电平时,表明有按键按下,通过按键扫描程序可以设置温湿度的定值,经 6 个共阳极的 LED 显示,其中 P5 为 LED 的字形选通端;当 KEY IN1 为高电平时,说明 8 个开关量有输入,单片机采集 P4 口的 8 个二进制数值,确定开关量的状态,经过 P5 口输出,使相应的灯亮,其中 P5 口是复用的。利用感应线圈感应加热器和风机线路的工作电流,感应电压经过整流、滤波变为直流电压,该电压与预定电压进行比较输出高或低电平信号,这 2 个信号与控制信号进行逻辑判断,如有故障,使

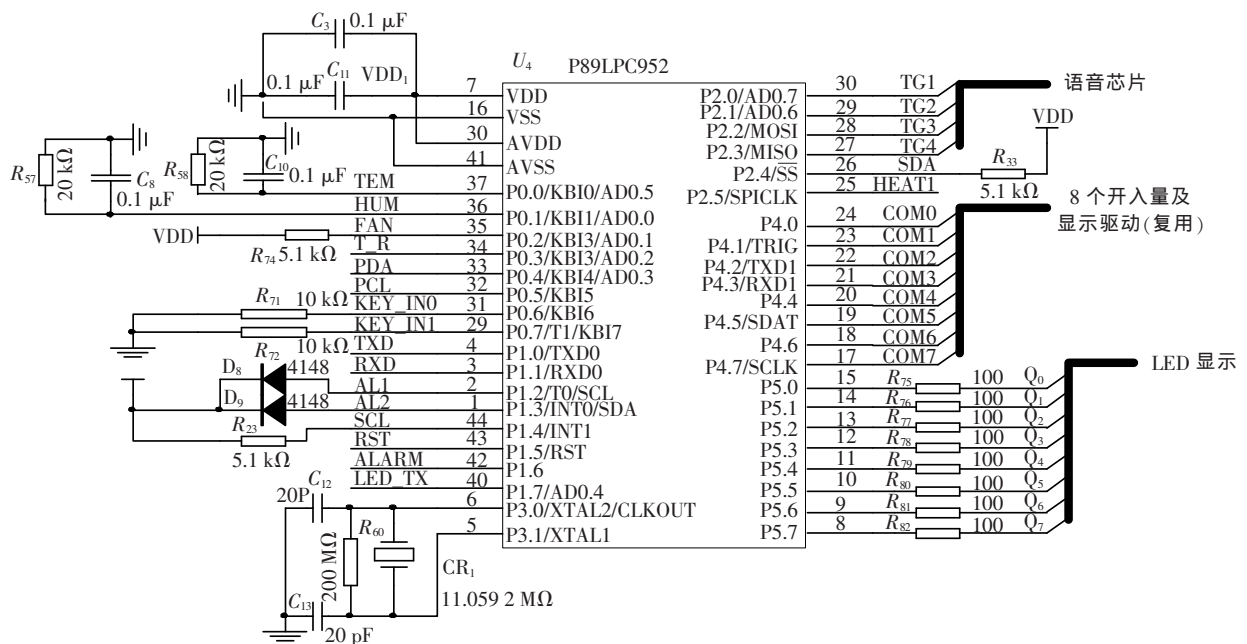


图2 主控板 MPU 电路

报警指示灯和相应的风机或加热器的指示灯亮。如果经传感器测得环境温度值超过报警时限,则经比较器在 ALARM 端输出低电平,控制后级电路工作。

装置具有 RS-485 通讯功能,单片机通过光电耦合元件与电平转换芯片 MAX1487 的相应引脚连接,通过设置波特率,可将所有的模拟量和开关量上传至上位机。当单片机的 TR、TXD 为低电平时,开始向上位机发送信息,当 TR 为低电平、RXD 为高电平时,接受信息,通讯期间 LED TX 引脚一直是高电平,输出面板上的通讯指示灯亮。编程器可以经过 PDA、PCL 引脚的下载线,将系统程序拷贝到单片机内部存储器。

2.3 温湿度控制模块

湿度传感器的测量范围是 0~99%RH,信号经过调理后变化范围是 0~3 V。温度传感器的测量范围是 0~99℃,信号经过调理后变化范围同样是 0~3 V。经过前级电路处理后的温湿度信号分别送入单片机 P0.0 和 P0.1, P89LPC952 进行 10 位 A/D 采样。

湿度传感器实测环境温度高于设定的湿度上限值,有可能结露时,启动风机,通风破坏凝露形成,从

而达到保护设备的目的。实测环境温度小于设定的湿度下限值时,风机停止工作。

温度传感器实测环境温度高于设定的风机启动值,风机启动降温;实测环境温度低于设定的风机停止值时,风机停止工作。

温度传感器实测环境温度低于设定的加热器启动值,加热器启动;实测环境温度高于加热器停止值时,加热器停止工作。

当加热器故障工作时,面板上加热器指示灯和断线报警指示灯同时点亮,提醒用户及时排除加热器故障;当风机故障工作时,面板上风机指示灯和断线报警指示灯同时点亮,提醒用户及时排除风机故障。

加热器手动强制加热置位,绿色手动指示灯常亮,加热器加热;释放手动置位,执行自动控制状态。

2.4 高压带电显示模块

三相高压的测量是经 CG 系列传感器采样获得后,经桥式二极管整流、滤波后输出直流,再经过 R_7 和 R_2 组成的分压电路,如果 R_7 两端分到的电压大于母线电压的 0.15 倍,则 LED 显示灯亮,表明该相带电,其中压敏电阻 RV1 起过电压保护。其部分电路见图 3。

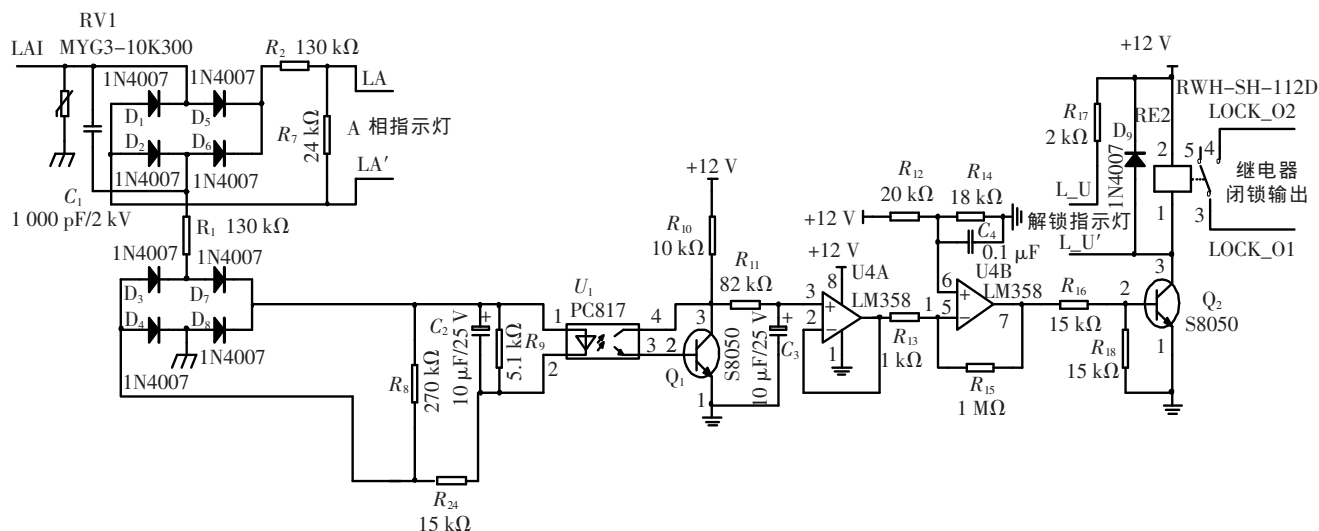


图3 高压带电检测电路

检测电路经过分压、滤波输出,如果检测到的相电压大于母线电压的 0.65 倍,电路经过光电耦合元件 PC817 后,使三极管 Q_1 导通,电压跟随器 LM358 的输入、输出电压均为 0 V,再经过电压比较器后输出低电平,三极管 Q_2 截止,LU' 为高电平,闭锁电磁继电器不动作,解锁指示灯不亮,强制电气可靠闭锁,这时不能打开开关柜门。反之如果三相电压均小于母线电压的 0.65 倍,不能使光电耦合器输出,得到电压跟随器 LM358 的输入、输出电压约为 12 V,经过电压比较器输出高电平,三极管 Q_2 导通,LU' 为低电平,解锁指示灯亮,可以使闭锁电磁继电器动作,能打开开关柜门。其中 C_4 、 R_{14} 和 R_{12} 组成的电路,为比

较器提供合适的参考值, C_4 为退耦电容,该电路采用分相检测加闭锁控制技术,可以保证在系统缺相等异常运行时,闭锁电压不变,稳定运行。

2.5 开关状态显示模块

为了动态指示出开关柜内各元器件的位置或状态,必须采集各个状态参量。各开入量为无源接点,经光电隔离元件后送入单片机。单片机通过对开入量的检测,用一些“十”字灯或“V”字灯动态模拟出一次图上的断路器分/合、手车位置(或上、下隔离刀)、接地开关、弹簧储能等状态。开关柜需要显示开关状态见表 1。

表 1 开关状态显示

序号	显示类型	显示说明
1	断路器状态	断路器分闸时,水平绿色模拟条亮;断路器合闸时,垂直红色模拟条亮。
2	手车位置或隔离开关状态	对于手车柜显示手车位置:手车处于试验位置时,水平绿色模拟条亮;手车处于工作位置时,垂直红色模拟条亮。 对于固定柜显示隔离开关状态:隔离开关分闸时,水平绿色模拟条亮;隔离开关合闸时,垂直红色模拟条亮。
3	接地开关状态	接地开关分闸时,水平绿色模拟条亮;接地开关合闸时,垂直红色模拟条亮。
4	弹簧储能状态	断路器操动机构未储能时,弹簧符号呈现绿色;断路器操动机构已储能时,弹簧符号呈现红色。

2.6 智能语音防误提示

当电路处于合闸状态时,操作者误强行将手车推至工作位置时,扬声器发出“请分断路器”的语音提示;当电路处于合闸状态,操作者强行合接地开关时,扬声器发出“请分接地开关”的语音提示;如果上述情况同时发生,扬声器发出“请分接地开关,请分

断路器”的语音提示。

因为语音长度不长,所以该装置用的是 AP8910A 可以一次编程的语音芯片,它的声音长度是 10 s,采用 CPU 方式进行触发选通各段,在 8 kHz 的采样速率下,其选通速度是 65 μ s,其电路见图 4。

在工作电源是 +5 V 的情况下,其采样频率是由

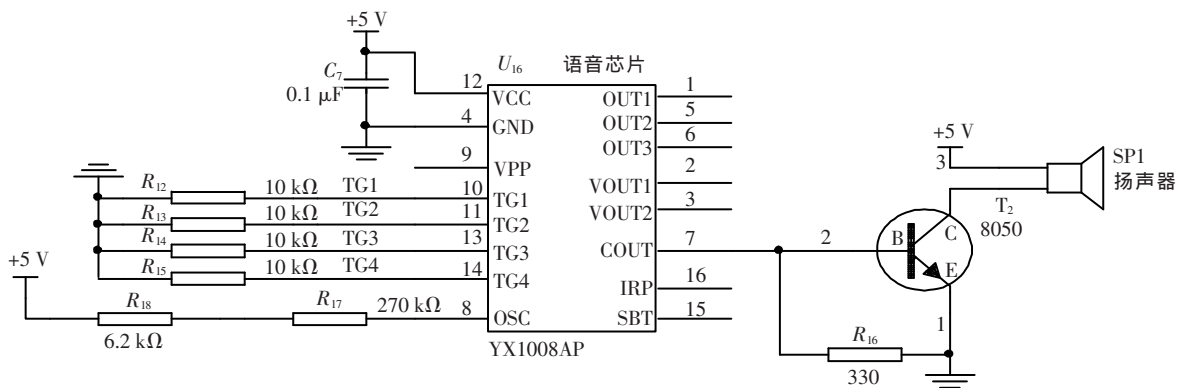


图 4 语音电路

AP8910A 的 OSC 引脚外接的振荡电阻实现的,在语音芯片不工作时,触发位通过 10 k Ω 的电阻接地。在电路中它的四个触发位分别与单片机的 P2.0~P2.3 相连,由单片机进行判断,到底是哪一段触发工作,最后由扬声器输出。由于 COUT 引脚输出的电流比较小,COUT 输出端外接 NPN 型晶体管驱动扬声器工作,其中的基础电阻 R_{16} 值的大小是由晶体管、扬声器和电源值决定。语音播放时不需要 D/A 转换或语音合成芯片及前置放大器等环节。

2.7 装置其它部分

该装置扩展了一个 16k 的 I2C 串行 E2PROM 存储器 24LC16B,由于是 I2C 串行接口可以节省单片机的接口资源,用于存储系统设定参数、保护定值等。通讯采用 RS-485 标准通讯接口,通过一片 MAX1487 芯片完成电平转换工作。

3 结语

这种装置同时具有优异的环境耐受能力与电磁兼容性能,独特的抗干扰技术(光电/电磁隔离)、电路部件的“三防”处理及严格的整机带电老化与出厂

测试等措施确保了产品的长期工作可靠性。此外,该系列产品在设计中还充分考虑了与一次系统及设备的配合,采用具有宽电压输入范围(85~265 V)的开关电源为整机供电,使得产品能够适用于控制电源为交直流 110/220 V 的一次系统。

智能操控装置是在借鉴国内外同类产品的基础上,针对电力开关柜的控制要求设计的,适用于中置柜、固定柜、环网柜等多种开关柜。该装置以一体化布局配套装备于开关柜,简化了结构设计、美化了面板布局,取代现有的一次回路模拟指示牌、电磁式开关状态指示器、接地指示器、储能开关、断路器分合等多种控制、指示器件。能够保障电气的安全可靠运行,应用前景十分广阔。

参考文献:

- [1] 周丰群, 张义民, 何超. 电气设备用温度凝露控制器的研制[J]. 电力自动化设备, 2002, 22(3): 61-63.
- [2] 周晓威. 开关柜状态综合指示装置, ZL01237590.X[P]. 2002.
- [3] DL/T 538-2006. 高压带电显示装置[S].
- [4] 广州周立功单片机发展有限公司. P89LPC952 单片机数据手册[EB/OL]. 2008, <http://www.zlgmcu.com>.

欢迎浏览中国高压电器网(www.chinahva.com)