

# 高压带电显示及闭锁装置现状及发展前景

孙振权<sup>1</sup>, 顾红伟<sup>2</sup>, 李彦明<sup>1</sup>

(1. 西安交通大学电气工程学院, 陕西 西安 710049; 2. 江阴供电公司, 江苏 江阴 214400)

**摘要:** 高压带电显示及闭锁装置是电力系统实现“五防”功能从而安全运行的必要装置之一。笔者综述了现有高压带电显示及闭锁装置的基本原理, 对比分析其优缺点; 提出了新型高压带电显示及闭锁装置的设计方向与趋势; 共用一台服务器实现智能化管理。

**关键词:** 高电压显示; 闭锁; 带电监测系统

**中图分类号:** TM81

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1001-1609(2009)04-0115-03

## Development Review of High Voltage Electriferous Display and Locking Device

SUN Zhen-quan<sup>1</sup>, GU Hong-wei<sup>2</sup>, LI Yan-ming<sup>1</sup>

(1. School of Electrical Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China;

2. Jiangyin Power Supply Company, Jiangyin 214400, China)

**Abstract:** In electric power system, it is necessary to equip every feeder with a high voltage display and locking device to avoid five misoperations and to keep the system safe. This paper introduces all kinds of the existing high voltage electriferous displays and locking devices, including their principles, advantages and disadvantages, and proposes the design tendency of new type high voltage electriferous monitoring system.

**Key words:** high voltage display; closedown; electriferous monitoring system

## 0 引言

为了保证电力系统安全运行, 要求对电力装置或电器进行电气操作正确无误, 防止五种恶性误操作事故的频繁发生, “五防”工作多年来一直被列为电力部门重点技术改造项目之一。所谓电力系统“五防”, 是指防止误分、误合断路器, 防止带负荷分、合隔离开关, 防止带电挂接地线或合接地开关, 防止带接地线或未分开接地开关合隔离开关, 防止误入带电间隔。防止电气误操作装置很多, 诸如机械程序锁、电磁锁、微机闭锁等。《电业安全作业规程》和《防止电力生产重大事故的二十五项重点要求》都对带电显示及闭锁装置的配置和使用提出了要求。为达此目的, 现已在高压开关柜、手车式高压开关柜或环网柜内及敞开式变电站各个间隔, 安装高压带电显示器, 用以显示高压回路的带电状态, 警告、揭示运行或检修人员, 勿误入带电间隔和带电投合接地隔离开关, 从而对防止、引发操作事故起到了良好效果。《高压带电显示装置技术条件》定义了高压带电显示装置是指用于电力系统中, 能将高压带电体带

电与否的信号传递到发光或音响元件上, 显示或同时闭锁高压开关设备, 起防止设备电气误操作和保障人身安全的作用<sup>[1]</sup>。按照工作原理高压带电显示及闭锁装置分为接触式、感应式和等电位式等。按照信号的处理方式又可以分为模拟型和数字型。笔者将分别介绍其工作原理并且比较其性能特点, 给出高压带电显示及闭锁装置的发展方向与趋势。

## 1 接触式高压带电显示装置

这种高压带电显示器, 主体是由一个以陶瓷电容为芯棒, 外壳体用环氧树脂浇注或瓷组成的; 其基于电容分压原理, 提供安装处电气设备的带电状态信息; 多用于 10~35kV 的高压开关柜中。该装置由支柱瓷绝缘子式传感器、显示器和整流元件组成, 核心部分是瓷传感器, 它由用电瓷制造的绝缘体和其他元件通过各种粘接材料组合而成。瓷传感器除了具有支柱瓷绝缘子的特性外, 还具有通过电容分压取得显示器所需能量的作用, 达到无源显示的目的。显示器中的显示元件采用多个氖灯串接, 增大了发光面积, 并采用闪光的发光形式, 收到更佳的显示效果, 原理见图 1。图 1 中  $C_1$  为传感器的高压

收稿日期: 2008-09-26; 修回日期: 2008-12-27

作者简介: 孙振权(1966), 男, 博士生, 高级工程师, 主要从事高电压测量与电力设备在线监测技术研究。

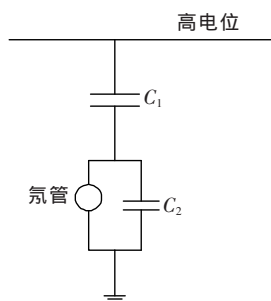


图1 接触式带电显示装置原理图

电容,  $C_2$  为分压电容。高压电容与分压电容构成的分压器为氖管提供电压<sup>[2]</sup>。

$$E = \frac{C_1}{C_1 + C_2} U \quad (1)$$

式(1)中,  $U$  为相电压,  $E$  为氖管的电源。

接触式带电显示装置的优点是无需外供电源, 但存在两方面问题: 一是由于传感器的特殊结构决定了当芯棒击穿或外壳体绝缘闪络时, 造成安装处的单相接地故障; 二是芯棒与外壳体胶粘组合时, 可能出现局部放电, 整体绝缘高度尺寸限制了它无法组成超过 35 kV 级以上的带电显示器, 不适应户外环境运行。

接触式带电显示装置配以部分电路可以输出闭锁接点。

## 2 感应式高压带电显示装置

感应式传感器是一个靠近高压带电体的对地绝缘的感应电极, 通过感应电极和高压带电之间的杂散电容, 藕合高压带电体上的交变电压信号。通过电缆把这一信号传送到显示控制器进行放大和处理, 最终实现高压带电显示和闭锁控制。图2为传感器的等效电路, 其中:  $C_1$  为感应电极与高压带电体之间的杂散电容, 通过的电流为  $I_{C_1}$ ;  $C_2$  为感应电极与其周围接地体之间的杂散电容, 通过的电流为  $I_{C_2}$ ;  $C_3$  为信号传送电缆的芯、地之间的电容, 通过的电流为  $I_{C_3}$ ;  $Z$  为显示控制器的等效输入阻抗, 通过的电流为  $I_Z$ 。通常, 感应电极与高压带电体之间的电容  $C_1$  为几个微法的量级, 感应电流  $I_{C_1}$  在几个微安到几十微安量级。根据图2所示, 显示控制器所获得的电压信号为  $U_Z$ , 它是  $C_2/C_3/Z$  与  $C_1$  的分压。感应电极从高压带电体上藕合的电流  $I_{C_1}$  将被3个支路分流, 即  $I_{C_1} = I_{C_2} + I_{C_3} + I_Z$ , 显示控制器所得到的电流信号为  $I_Z$ <sup>[2]</sup>。

感应式高压带电显示装置的优点是: 传感器可以安装在线路安全距离之外, 可靠性较高; 传感器与高压母线不直接接触, 装置本身不会产生局部放电, 安装、维护简单方便; 除了显示功能外, 还可以通过

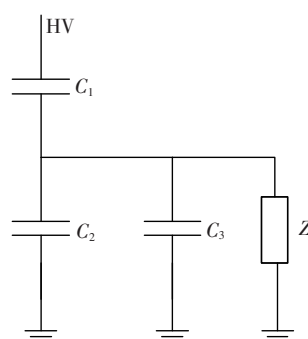


图2 感应式传感器的等效电路

输出接点实现闭锁; 改变传感器的形式可以实现GIS的带电显示与闭锁, 应用范围较广。缺点是抗干扰性能差, 不能覆盖全电压范围。

感应式高压带电显示及闭锁装置原理见图3。信号输入控制器后首先要进行保护处理。采取相应的抑制过压的措施来保障装置不被损坏和信号失真。其次, 是进行滤波处理, 即滤去高频暂态信号、高次谐波信号和其他杂波。经过多级滤波, 可以检出工频基波电压信号进行带电显示<sup>[3]</sup>。控制器最关键的部分是信号处理, 即通过放大和整流把信号处理到理想的状态。另外, 通过改变大倍数可满足不同应用场合对不同检测灵敏度的需要。对于一种给定的使用场合, 需要首先确定满意的信号放大倍数。其次, 再通过其他放大器的调节可进行带电显示的阈值调整, 即通过调节阈值调整旋钮改变放大倍数, 从而改变阈值。放大后的工频交流信号, 经过整流, 输出信号, 用于控制后续的电压指示、带电显示阈值控制。

高压母线

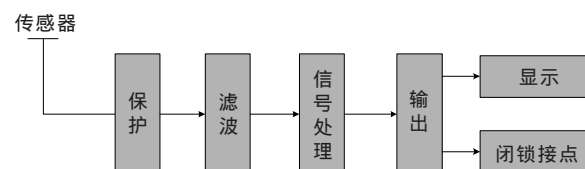


图3 感应式高压带电显示及闭锁装置原理

在高压变电站, 高压带电显示闭锁装置一般安装在进线和出线侧的隔离开关上, 主要用于检测、显示进线和出线侧的高压带电与否, 同时利用其闭锁接点去联锁接地开关等, 防止电气误操作。在敞开式高压变电站, 还可以利用闭锁接点控制五防锁等。

在GIS应用中, 感应电极是在制造GIS时事先安装好的; 而在敞开式变电站中, 感应电极是后加装的。这两种方式原理其实并无本质的差别, 所不同的是感应电极与高压带电体之间由于绝缘介质的不同而安全距离不同罢了, 感应电极总是处于安全距离范围内。传感器感应电极在GIS及敞开式间隔的安装方式对比示意图见图4<sup>[4]</sup>。

该方案通过改变传感器形状及屏蔽外壳的尺寸

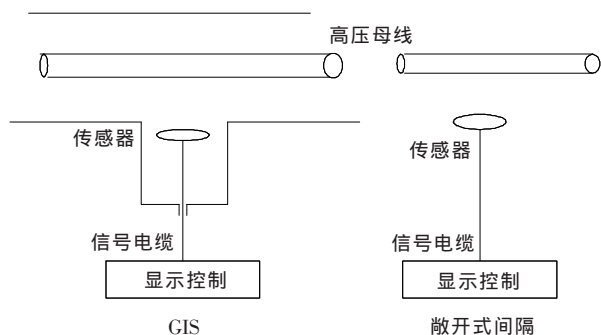


图 4 感应式传感器感应电极在 GIS 与敞开式间隔中示意图

可以提高装置的灵敏度,增强抗干扰性。

### 3 等电位型高压带电显示装置

该装置依靠电场自取能的高压放电管实现带电显示。充有特定气体的放电管,根据汤逊或流柱理论,在高压电场作用下能激起气体的游离现象;当达到自持放电条件,必然伴有光游离及其复合过程,在放电通道中会显出一定的光辉。其工作原理是显示器与高压电位连接在一起,依靠空间电场的位移电流获取能量来维持辉光放电<sup>[5]</sup>。原理见图 5。

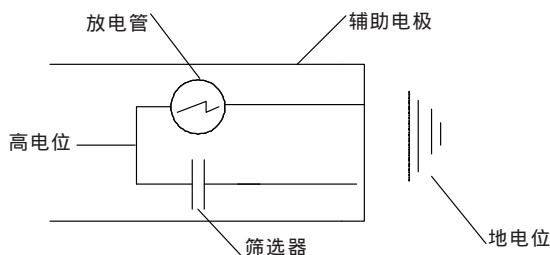


图 5 等电位高压带电显示装置原理图

采用通常结构充氮气的放电管,很难实现在户外白昼强背景光环境中,其光辉能给出醒目的视觉亮度。该高压放电管工作原理是:靠其一端与高电位连接,另一端通过辅助电极对地的杂散电容,构成位移电流回路,维持气体放电。靠此方式提取的电场能量有限,通过实验测定,一般放电电流限定在几十到  $100\ \mu\text{A}$  范围内。同时,作为带电显示的放电管,由于显示器主体受到安装处的电气设备的相间距离及本身尺寸的限制,要求其长度限制在  $100\ \text{mm}$  以内,因而,它对放电管的尺寸及结构设计提出了某些约束。经过多次实验研究,将高压放电管结构设计成两端各有一个储气泡内放置有一个金属放电电极。放电区设计成毛细管结构,见图 6。管内有含少量其他气体的氮气。毛细管能提高放电区内的电流密度,也就直接提高了放电管的亮度。毛细管管径为  $1.5\sim 3\ \text{mm}$ ,但管径过细又降低了视觉的醒目亮度。在同等条件下,放电辉光亮度随电流密度增大而线性增大<sup>[6]</sup>。

液晶闪亮式带电显示器也是基于这一原理的显示装置<sup>[7]</sup>。

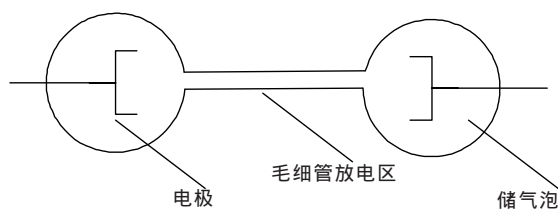


图 6 高压放电管结构示意图

等电位型高压带电显示装置属于提示型,其优点是采用悬空电位联结,不会影响电网的正常运行;无需外加电源,适合于户内外工作环境。缺点是放电管易老化;只能提供显示功能,不能输出闭锁接点。

### 4 新型高压带电显示装置展望

随着信号处理技术及芯片技术的飞速发展,在采样部分不做改变的前提下,后续的信号处理上采用单片机、DSP 等均可实现。尤其是光纤电信号传感器的推广应用,光纤通信技术在电力系统的应用,很好地解决了绝缘与通讯问题。电子式互感器的研究与试制,给高压带电显示装置的技术问题解决奠定了基础。一种基于分压器原理结合光纤通信技术的新型高压带电显示及闭锁装置即将推广应用。其原理框图见图 7<sup>[8]</sup>。

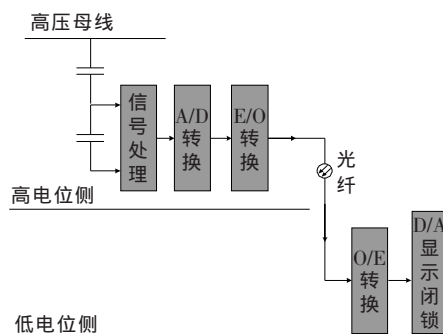


图 7 光电型高压带电显示及闭锁装置原理

### 5 结语

高压带电显示及闭锁装置是保证电力系统安全运行的多种安全措施之一。多年来的运行经验也证明了该装置的有效性和必要性。

(1)感应式高压带电显示及闭锁装置,应用最为广泛;

(2)接触式高压带电显示及闭锁装置,只适用于  $35\ \text{kV}$  以下的开关柜类产品;

(3)等电位式高压带电显示装置,因其不需要电能供应,在仅需提示的场合有应用;

(4)光电型高压带电显示及其闭锁装置是今后的发展趋势。

从 GIS 到敞开式间隔,各类形式的带电显示及闭锁装置都积累了丰富的运行经验,并且在运行实

(下转第 132 页)

## 4 现有的经验及问题

近几年来,泉州电业局已经在大多数 220 kV 变电站安装电气设备在线监测装置,从正反两面积累了许多有益的经验。由于运行电压常比预防性试验电压要高得多,即使在运行电压下设备绝缘已发生了局部缺陷,在预防性试验中进行非破坏性电气检测可能仍然合格,同一信息量在运行电压下和试验电压下测得的值有可能不一致<sup>[7]</sup>。为此,目前在线监测所测得的特征量主要是以“纵比”——与同一设备连续监测的数据相比为主,以“横比”——与同类设备的在线监测值比较为辅并参考测得值的大小<sup>[8]</sup>。如果“纵比”时特征量发生了突变或持续增大,表明主设备可能有某种潜伏性故障,再与同类设备变化规律相比确认发生故障时的特征量或三相中的另两相的特征量(还要注意三相间的电磁干扰等可能导致三相监测数据的客观差异),有利于进一步判断是否有故障或属于何种潜伏性故障。

通过这几年对在线监测设备的运用,发现了一些问题,如:介损测量结果稳定性和重复性较差,受 PT 角差影响较大;通讯经常出现问题,信号采集部分的故障率较高,经常出现传感器实效、破损及信号失真问题;数据分析不能根据现场的运行方式自动改变;监测系统仅停留在提供监测数据的水平上,缺少必要的分析判断功能,不能根据专家系统、已有案例、相似程度判断分析设备的运行情况,需要花费大量的人力物力对监测系统进行管理。

(上接第 117 页)

践中得到了不断的改进和完善。随着通信技术及电磁兼容技术的发展,传统的以通信电缆传输信号的通信模式有被光纤、无线传输及网线通信所取代的趋势。随着电力设备在线监测系统的推广应用,带电显示技术更加日臻成熟,带电显示功能往往是作为设备在线监测系统的附加功能而被系统集成成为分布式在线监测系统之中,乃至最终可以纳入所有的电力设备智能在线监测系统之中,共用一台服务器实现智能化管理,这是高压带电显示及闭锁装置的发展趋势。

## 参考文献:

[1] 袁大陆.高压带电显示装置技术条件简介[J].电力标准化与计

## 5 结语

变电站作为电力系统中电力传输的一个重要环节,对于其电气设备的在线监测也显得尤为重要。目前虽说在线监测技术已经比较成熟,但是尚未达到完善。虽然大量的先进计算机技术、信息处理技术、智能控制技术、探测技术已经运用到在线监测中来,但有些前沿技术只是刚刚踏入在线监测领域,还需要我们进一步的了解和研究。总之,变电站在线监测技术将向更加准确、及时、全面的方向发展,使变电站主电气设备更加安全可靠。

## 参考文献:

- [1] 官根志,贺景亮.电气设备的绝缘在线监测与状态维修[J].中国电力,1998,31(4):66-70.
- [2] 徐大可.变电站电气设备在线监测综述[J].变压器,2002,39(z1):6-11.
- [3] 张元林,王文胜,徐大可.变电站电气设备在线监测综述[J].高压电器,2001,37(5):30-33.
- [4] 胡文平,尹项根,张哲.电气设备在线监测技术的研究与发展[J].华北电力技术,2003(2):23-27.
- [5] 卫少华,申晓波.变电站电气设备在线监测的方法[J].西北电力技术,2005,33(2):12-16.
- [6] 张东进.几组非典型容性设备绝缘在线监测数据的分析[J].高电压技术,2000,30(5):37-39.
- [7] 甘肃省电力工业局.电气试验[M].北京:中国电力出版社,1998.
- [8] 李华,董明,严璋.对正确开展状态检测及状态维修的建议[J].电力设备,2004(5):48-51.

量,1994(4):14-16.

- [2] 周灼宫.GSN/Q 型多功能户内高压带电显示装置[J].高压电器,1990,26(6):53-54.
- [3] 顾金凤,唐炜.一种新型高压带电监测系统的设计与实现[J].电测与仪表,2005(6):54-57.
- [4] 许一声,李梅君.场强型高压带电显示装置[J].高压电器,2005,41(5):383-384.
- [5] 韩长运.高压带电显示闭锁装置及其应用[J].电气时代,2006(11):110-111.
- [6] 刘崇德.新型高压带电显示装置设计[J].中国电力,1994(10):16-20.
- [7] 刘崇德.高压放电管亮度特性的研究[J].电工技术学报,1995,5(2):78-80.
- [8] 张磊磊.液晶闪亮式带电显示器[J].包钢科技,1990(1):77.

欢迎浏览中国高压电器网([www.chinahva.com](http://www.chinahva.com))