

# 开关柜绝缘状态检测与故障诊断

产品名称	开关柜绝缘状态检测与故障诊断
公司名称	安科瑞电子商务（上海）有限公司
价格	.00/件
规格参数	
公司地址	上海市嘉定区育绿路253号2幢4层（注册地址）
联系电话	18702100157 18702100157

## 产品详情

电力开关柜作为电力系统的关键设备，广泛应用于输电配电网，承担着开合、控制和保护用电设备的作用，其运行可靠性直接影响着电力系统供电质量及安全性能。随着我国经济的迅猛发展，电力系统的稳定性和可靠性成为衡量城市现代化进程和生活质量的重要标准，其对电力开关柜等电力设备自身的安全可靠性提出了新的挑战。开关柜内部绝缘结构多样，实际运行环境复杂(高温、灰尘、潮湿等)，加之可能存在的生产质量及工艺缺陷，在长期运行过程中绝缘性能可能发生劣化，进而在电场作用下引发局部放电(Partial Discharge, PD)，局部放电的进一步发展加剧绝缘老化，严重时可能导致电气设备故障，影响电力系统的安全稳定运行。研究表明，由于绝缘问题引发的运行故障是开关柜事故的主要原因之一。

目前，电力设备局部放电检测是开关柜绝缘状态评估的重要手段，其为保障开关柜安全稳定运行发挥了关键的作用，并得到了电网公司的推广。根据检测原理与采集信号的不同，高压开关柜局放检测主要有:超高频(UHF)局放检测，暂态地电压(TEV)局放检测，超声波(AE)局放检测及以上技术的联合检测。随着国家电网公司“三型两网”战略的提出，电力系统朝着自动化与智能化方向不断发展，通过先进的传感器技术、测量技术、网络技术和通信技术对电力设备绝缘状态进行检测评估在开关柜故障诊断中有着重要的意义。

本文首先介绍了开关柜主要的绝缘问题及不同的局部放电类型，其次对不同的局部放电检测技术进行了讨论，展望了新形势下电力开关柜绝缘状态检测及故障诊断的发展方向。

### 1 开关柜绝缘状态评估

据不完全统计，开关柜故障中有37.2%是由于开关柜绝缘问题导致的，可见开关柜绝缘故障是开关柜故障的主要原因。开关柜在运行过程中，工作人员误操作、开关动作和雷击都会引发过大的电压。由于制造过程、安装过程、运行维护方面造成绝缘设备的机械损伤是引发绝缘故障的重要原因。在开关柜导流系统中，当导电回路接触部位氧化、接触松动、过载等都将导致触头接触不良、接触电阻增大，造成载流故障的发生，出现触头温度过高以及环境温度升高都会引发绝缘的热老化问题。环境因素如灰尘污染、空气湿度大也会造成绝缘介质的化学老化，造成开关柜故障。因此电应力、机械应力、热老化和化学老化的共同作用是引发绝缘材料劣化，发展成为绝缘故障的根本原因。开关柜绝缘状态评估是及时维修、更换，预防发生绝缘故障的重要技术手段。开关柜绝缘状态评估主要将局部放电、运行环境(包括气温、气压、湿度等)作为检测对象，局部放电是引发绝缘问题的根本原因，因此本文着重对开关柜局部

放电检测方法进行阐述。

绝缘故障潜伏期会产生放电现象，开关柜内的局部放电主要有以下4种:由于制作工艺引入绝缘介质内部的气隙、杂质等造成绝缘介质内部缺陷引发的内部放电;由于暴露在空气中的金属表面毛刺引起的\*\*电晕放电;绝缘介质表面污染物引起的沿面放电;由于结构设计缺陷、运输以及运行过程中结构缺陷造成的接触不良引起的悬浮电位放电。不同类型放电示意图如图1所示。不同类型的局部放电相位分析(PRPD)谱图如图2所示。不同放电类型的PRPD谱图特性明显不同，依据放电相位和幅值的区别可作为模式识别的重要依据。

局部放电直接和明显的现象是导致电极间的电荷移动。具体表现在: 放电部位带电粒子的变化。当发生局部放电时，带电粒子会快速地由带电体向非带电体迁移(如开关柜柜体)，并在非带电体上产生高频电流。 辐射高频电磁波信号。根据麦克斯韦电磁场理论，局部放电会产生变化的电场，变化的电场激发磁场，这样交变的电场与磁场相互激发，并向外传播便形成电磁波。极短时间内的放电脉冲会产生较高频率的电磁波，并向外辐射。基于上述两个原理可知，局部放电的发生必然会伴随电流和电磁波的产生，实际上除此之外局部放电还伴有超声波、气体生成物、光、热。依据局部放电时伴随产生的这些物理现象，可以将检测手段分为电测量法和非电测量法。

电力开关柜绝缘状态检测与故障诊断按照检测状态分为离线检测和带电检测。离线检测具有背景干扰小的优点，但由于需要停电检修，成本高，耗时长，逐渐被带电检测取代。带电检测又可以细分为定期检测和在线监测两种。定期检测依靠仪器在电力设备运行中对巡检时刻的运行状态进行检测，用于发现设备运行中潜在的故障问题。在线监测一般是将监测设备的传感器长期置于被检测的设备内部或者外表面对设备的运行状态进行实时监测。定期检测和在线监测都具有被测设备不停电、检测工况与运行工况完全一致的优点。在线监测凭借其实时监测和分析开关柜目前绝缘状态的能力，包括识别故障早期征兆的预测能力，对已经发生的扰动做出响应能力，准确度更高，成为当下状态检测与故障诊断的发展趋势。

## 2局部放电检测技术

局部放电检测法的依据是局部放电所产生的各种物理现象，并通过测量各种现象所产生的物理量来表征局部放电的强弱。开关柜绝缘状态检测的方法主要有超高频(UHF)检测法，暂态地电压(TEV)检测法、超声波(AE)检测法、红外检测法、化学检测法。其中超高频(UHF)检测法，暂态地电压(TEV)检测法、超声波(AE)检测法主要用于开关柜内局部放电检测。

### 2.1超高频(UHF)检测法

超高频(UHF)检测法是指对频率介于500~1500MHz区间的局部放电电磁波信号进行采集、分析、判断的一种检测方法[5]。通过UHF传感器(也称为耦合器)接收辐射的超高频电磁波，传感器可以将电磁波信号转化成电压信号，从而实现局部放电的检测。UHF传感器分为内置传感器和外置传感器两种。超高频检测法具有检测信号频率高、外界干扰信号少等特点，可以极大地提高电气设备局部放电检测能力，特别是随着在线监测的发展，超高频凭借着良好的抗干扰能力、可靠性和灵敏度有着较高的应用价值。超高频检测法局部放电检测如图3所示。各国的研究均表明，超高频法用于高压开关柜局部放电在线监测有很好的前景。

### 2.2超声波(AE)检测法

超声波与声波相同，是物体机械振动的传播形式。局部放电是一种快速的电荷释放或迁移的过程，发生局部放电时，局部的电场应力、机械应力与粒子力失去平衡而产生振动，从而产生超声信号。局部放电常伴随着频率高于20kHz的超声波，超声波信号通过不同介质并向四周传播。超声传感器安装在柜内，主要受环境噪声和振动信号的影响。超声传感器安装在开关柜柜体外层噪声较小，然而超声波跨越金属传播时衰减很大，因此超声信号主要通过开关柜外壳缝隙传出，超声传感器安装在开关柜缝隙处检测效果好。超声波传感器利用压电晶体作为声电转化元件将超声信号转换为电信号，并经过进一步放大及信号处理后传输到采集系统进行分析，以达到检测局部放电的目的。天津某电力设备公司研发生产的一种典型外置非接触式超声传感器如图4所示，其采用自吸附式设计，可以方便地安装于开关柜外壳缝隙处，不影响原开关柜运行和结构，中心频率为40kHz，已广泛应用于电力开关柜的局部放电在线监测系统中。

## 2.3地电波(TEV)检测法

地电波(Transient Earth Voltage, TEV)理论由Dr. John Reeves在1974年提出。TEV检测法作为一种经典的开关柜局部放电检测方法，得到了发展和关注。根据麦克斯韦理论，电磁波在空间传播时遇到导体，会使导体产生感应电流，且感应电流与激起其电磁波的频率相同。由局部放电脉冲产生的电磁波通常是几千赫兹到几十兆赫兹，因此开关柜柜体内部电磁波传输到开关柜柜体内表面并在靠近放电点的金属表面会感应出短的脉冲电流。受到“集肤效应”的影响，此脉冲电流首先在金属屏蔽内表面传播，如果金属外壳对内是连续屏蔽的，则无法在外部检测到局部放电信号，但是实际上开关柜的金属外壳在绝缘衬垫、箱体连接处、终端等部位会存在不连续的缝隙，高频脉冲电流信号可通过这些缝隙传输到开关柜柜体外层，产生一个暂态电压，此电压信号称为暂态对地电压(TEV)，在开关柜外表面通过专用的耦合电容传感器即可测得此信号，并且通过此信号判断开关柜内是否存在局部放电以及放电的强弱。超声法和TEV法检测原理如图5所示。

考虑到开关柜的结构和安装现场环境的影响，以及测试人员的现场试验，发现电力开关柜绝缘状态局部放电检测采用声电联合检测的方法更能反映运行状态。英国仪安科技(EA Technology)公司的局部放电检测技术和产品应用于全球40多个国家的电力公司和电力企业，率先发明了TEV开关柜局放检测技术，生产研发的多功能手持式局部放电检测仪UltraTEVPlus+(UTP1)是局部放电日常巡检的手持式定量工具。

在中国，相关研究虽然起步较晚，但是仍然取得了较大的进步，目前也有同类局部放电检测产品问世，如天津学子电力设备科技有限公司的PEV-100，是一种基于超声法和TEV法的手持式局部放电带电检测设备，内置非接触式超声传感器和TEV传感器来检测开关柜内的绝缘状态，可数值显示局放的幅值、频率、严重性指数等参数，具有故障预警功能和数据储存功能。PEV-100经济性、实用性、准确度和诊断能力有显著提高，手持式局部放电检测设备PEV-100如图6所示。

## 2.4其他检测方法

过热故障的检测以红外测温成熟。电气设备在发生局部放电时伴随着发热，红外检测法通过红外线测量仪器对这些电热能量进行转换以检测局部放电区域的温度变化，进而实现局部放电信号检测的目的。此外还有紫外吸收光谱技术检测开关柜内部的臭氧气体含量，并以此判断其内部绝缘被氧化程度。环

境的湿度对开关柜的绝缘性能有着较大影响，因此也作为一种预防局部放电的检测参数。化学检测法是利用电气设备绝缘发生局部放电时，设备的绝缘材料会发生分解破坏，产生部分新的生成物，通过对这些生成物的成分和浓度进行检测就可以评估绝缘状态。化学检测法只能定性地对局部放电进行检测，对发展缓慢的早期潜伏性电气设备故障灵敏度较低。以上几种检测方法重点用于运行环境参数的检测，是一种评估电力开关柜绝缘状态的辅助手段。

### 3现存问题和未来发展展望

#### 3.1 在线监测技术在开关柜中的推广

电力开关柜智能在线监测系统大部分由采集端、通信网络和监控中心三大部分构成，是以保障电网设备安全运行、远程控制、实时采集数据和分析数据为目标的监控系统。一方面在线监测是改善设备维护维修不及时的重要手段，为开关柜运行故障提前预警果断动作提供有力支撑，也是电网设备安全可靠运行的前提；另一方面收集传感器采集到的数据，充分利用大数据实时评估开关柜的运行状态、提高故障分析能力、主动预警，辅助诊断、跟踪故障并给出用户建议是实现电力开关柜管理信息化和智能化的核心竞争力。

典型的在线监测设备如图7所示，其系统主要由监测主机、传输中继和后台服务器三部分构成。这种新型电力开关柜在线监测设备通过在开关柜金属箱体外侧合理布置的传感器获得开关柜实时局部放电信号，将信号在检测主机内处理后依托传输中继运用传输技术实现信号传输到后台服务器。传输技术分为有线(如线缆、光纤等)和无线(ZigBee、蓝牙、WiFi等)两种。离线式后台上位机界面如图8所示，应用于不方便连接外网的地方。互联网下的后台服务器主页界面如图9所示。

图9中，服务器采集系统中可实现数据自动处理及分析，包括在线监测实时数据绘制局部放电图谱、全部设备在线监测横向数据趋势对比、单台设备在线监测趋势分析以及历史数据查询功能。由于局部放电信号的检测受到多种因素影响而呈现不确定性，因此系统借助多个传感器回传数据进行比较，并将试验数据绘制成不同图谱进行分析，对超过警戒值的异常点生成预警信息。后台服务器中可以查询所有历史数据，为日后故障诊断和老化评估提供大量的数据支撑。在线监测可有效解决通道数量受限、远程操作困难、响应慢、工作量大、经济性差等问题，大幅提高开关柜监测系统的分析和诊断能力。

#### 3.2 物联网在开关柜状态检测中的应用前景

随着国家电网公司泛在电力物联网的提出，物联网在智能电网中的应用成为热点话题。我国经济和科技实力不断增强，各种新型传感器层出不穷，通信技术难关不断攻克，以及大数据与云计算的蓬勃发展，在技术上已具备打造物联网大环境下的在线监测系统。

物联网在在线监测系统中的应用如图10所示。在电力开关柜检测系统中提高传感器感知能力和多种传感器联合检测是改善局部放电检测系统漏判误判的前提。电力开关柜智能在线监测系统利用传感器获取实时数据，通过手机、平板电脑、办公电脑等设备和无线通信技术实现运行维护人员和在线监测设备的互联，从而达到对电力开关柜运行状态进行检测的目的，对提高电力开关柜监测效率以及设备的安全运行具有现实意义。实现物与物、物与人的智能处理和双向互动能力，使多种开关柜状态检测传感器接入网络，形成一个以电网网络为依托，连接用户和开关柜检测设备的庞大物联网网络。

### 4绝缘监测及绝缘故障定位产品

## 4.1绝缘监测及绝缘故障定位产品

### AIM-T系列工业用绝缘监测仪

AIM-T系列绝缘监测仪主要应用在工业场所IT配电系统中，主要包括AIM-T300、AIM-T500和AIMT500L三款产品，均适用于纯交流、纯直流以及交直流混合的系统。

其中AIM-T300适用于450V以下的交流、直流以及交直流混合系统，AIM-T500适用于800V以下的交流、直流以及交直流混合系。AIM-T500L相比AIM-T500增加了绝缘故障定位功能。

## 4.2绝缘故障定位产品

工业用绝缘故障定位产品配合AIM-T500L绝缘监测仪使用，主要包括ASG200测试信号发生器，AIL200-12绝缘故障定位仪，AKH-0.66L系列电流互感器，适用于出线回路较多的IT配电系统。

## 4.3绝缘监测耦合仪

绝缘监测耦合仪配合AIM-T500绝缘监测仪使用，主要包括ACPD100，ACPD200，适用于交流电压高于690V，直流电压高于800V的IT配电系统。

## 5技术参数

### 5.1绝缘监测仪技术参数

### 5.2测试信号发生器技术参数

### 5.3绝缘故障定位仪技术参数

### 5.4 AKH-0.66L系列电流互感器技术参数

### 5.5绝缘监测耦合仪技术参数

## 6结语

(1)电力开关柜作为电力系统中非常重要的配电设备，其运行的可靠性对整个电力系统有着

重要意义。开关柜的多数故障都是绝缘性故障，绝缘故障潜伏期会产生局部放电现象，由放电类型和放电成因可得到不同的检测方法。

(2)通过分析各检测方法的检测原理和优缺点以及各方法在实际中的应用，发现声电联合检测为好的检测方法，并对两款基于声电联合检测法的带电检测设备进行测试对比，测试表明与传统的手持设备相比，PEV-100手持式局部放电带电检测设备经济性、实用性、准确度和诊断能力有显著提高。

(3)在线监测技术将成为电力开关柜绝缘状态检测与故障诊断的发展方向。打造物联网大环境下的在线监测系统，达到物与物、物与人的智能处理和双向互动的开关柜检测系统，为全行业的发展创造更大的机遇，对实现电力开关柜智能检测的远程操作、快速响应、安全监控、数据分析和诊断评估具有非常重要的应用价值和前景。