

# 变电站电压互感器故障原因解析

王青华

国网榆林供电公司 719000

**【摘要】**本研究详尽地分析了变电站电压互感器的设计结构、工作原理及其在电网中的关键作用，涉及对线路电压和电流的精准测量以及继电保护设备的应用。文章深入探讨了这些装置常见的电气与机械故障，并从设计制造缺陷及运行条件影响两方面探究了故障成因。针对故障检测与预防策略，本文介绍了在线监测技术、离线测试方法以及故障定位技巧，强调了定期维护的重要性。最后，通过一系列经典故障案例的研究与实践经验总结，为提升电压互感器日常管理效率和推动技术创新提供了重要参考。

**【关键词】**变电站；电压互感器；故障分析；故障诊断；预防措施

Analysis of the causes of voltage transformer faults in substations

Wang Qinghua

State Grid Yulin Power Supply Company 719000

**【Abstract】**This study provides a detailed analysis of the design structure, working principle, and key role of voltage transformers in substations in the power grid. It involves precise measurement of line voltage and current, as well as the application of relay protection equipment. The article delves into the common electrical and mechanical failures of these devices, and explores the causes of these failures from two aspects: design and manufacturing defects and the impact of operating conditions. This article introduces online monitoring technology, offline testing methods, and fault location techniques for fault detection and prevention strategies, emphasizing the importance of regular maintenance. Finally, through the study and practical experience summary of a series of classic fault cases, it provides important references for improving the daily management efficiency of voltage transformers and promoting technological innovation.

**【Key words】**substation; Voltage transformer; Fault analysis; Fault diagnosis; preventive measure

## 一、变电站电压互感器概述

在电力系统中，变电站的电压互感器扮演着至关重要的角色。尽管其基本构造与变压器极其相似，并且都能够实现电压转换功能，但两者在实际应用中的定位却有着显著差异。与变压器相比，电压互感器的设计和制造更加注重精度与可靠性的提升，目的是确保在各种工作环境下都能提供准确无误的电压转换及电力供应。此外，它还承担着保护电网免遭故障侵害的重要责任；一旦线路中出现异常状况，电压互感器内置的安全机制能够迅速作出反应并隔离故障点，从而有效遏制事故范围的进一步蔓延。

## 二、变电站电压互感器常见故障类型

### 1. 电气故障

电气故障是电压互感器运行过程中较为常见的问题，主要表现为绝缘失效、短路和开路等情况。绝缘失效通常由设备老化、高湿度环境或污染物积累引起，导致绝缘材料性能

下降，进而出现放电或击穿现象。这种类型的故障不仅会影响电压互感器的正常工作，还可能对整个变电站的安全性和稳定性构成威胁。相比之下，短路与开路故障多因线路连接不当、过载操作或是外部因素造成的损坏所致。短路时电流异常增加，可能会导致装置过热甚至损坏；而开路则会引发输出信号异常，影响精确测量及保护功能的实现。

### 2. 机械故障

在电力系统中，变电站所使用的电压互感器可能会遭遇一系列机械性故障，这些问题主要涉及结构损坏、密封性能下降及液体渗漏等现象。这类问题不仅会妨碍电压互感器的正常工作状态，还可能导致设备突发性地停止运行，从而对电网连续稳定供电能力构成威胁。结构损伤通常由设备长时间运行、材料逐渐老化或外部力的作用引起。例如，电压互感器中的绝缘材料可能随时间发展产生裂纹，从而降低其绝缘性能，在极端情况下甚至可能导致短路故障。此外，地震和风暴等自然灾害也有可能对该类设备造成物理性破坏。因此，定期对电压互感器进行结构检查与维护显得至关重要。

此外，密封性能下降及液体泄漏也是电压互感器中较为

普遍的机械故障类型。密封效果不佳往往源于密封圈的老化、变形或安装过程中的不当操作等因素。当密封状态受损时，外部环境中的湿气和灰尘等杂质便有机会渗透到设备内部，影响其正常运行。而关于渗漏现象，则可能是由于设备内使用的油液或其他介质外泄所引起。这类情况不仅会降低设备的工作效率，还有可能对周围环境造成污染。因此，加强设备密封性的维护，并定期检查是否存在渗漏迹象，是预防此类问题的有效措施。

### 三、电压互感器故障原因深度解析

#### 1. 设计与制造缺陷导致的故障

设计上的不足与制造过程中的缺陷是导致这些装置失效的主要原因之一。不恰当的设计可能涉及电气间隙过小、材料选择不当或绝缘结构存在漏洞等问题，这些问题都有可能导致局部放电、过热甚至短路的情况发生。此外，在生产环节中遇到的技术难题也不容忽视，例如绕组缠绕不够紧密、浸渍处理不彻底或是存在金属尖刺等状况，都可能成为故障发生的诱因。为了降低此类风险，制造商应当严格按照行业标准和规定来执行产品的研发与生产工作，确保其电气特性和机械强度达到预期标准。同时，对于用户而言，在选购电压互感器时也应应对设计方案和技术参数进行详尽检查，

以确保所选设备拥有足够的安全性能和稳定性。

#### 2. 运行环境因素引发的故障

在变电站运行过程中，电压互感器的工作状态容易受到外界环境因素的影响，这可能引发潜在的故障。当电力网络经历超过正常范围的电压或电流变化时，电压互感器可能因无法承受额外电气负荷而受损。例如，雷击所引起的瞬态高压可使绝缘材料失效，从而造成设备故障。此外，在电力系统发生短路事故或是负载超过设计值的情况下，产生的异常电流同样会对电压互感器构成威胁。

除了电压和电流超出规定范围外，环境因素如温度和湿度同样对电压互感器的工作性能产生重要影响。极端的热或冷条件均有可能降低设备的工作效率，严重时甚至会引发故障。另外，过高的空气湿度也是一个不容忽视的问题，因为高湿度环境下，设备的绝缘能力通常会减弱，从而增加了出现故障的风险。

### 四、变电站电压互感器故障诊断与预防措施

#### 1. 故障诊断技术

目前，在评估这类设备的健康状况时，行业通常采用在线监测与定期检查两种方法。在线监测通过持续收集并分析数据，能够快速发现潜在问题，具体如表1所示：

表1 故障诊断技术

类别	技术方法	关键特点	应用范围	优势	局限性
在线监测技术	油色谱分析	通过油液中气体组分分析故障	绝缘油变压器	可以发现早期绝缘油绝缘下降故障	采样和分析过程较为复杂
	红外热成像	通过设备表面的温度变化识别故障	电气设备	非接触式检测，直观显示故障部位	可能受到环境温度和表面涂层影响
离线检测技术	超声波检测	利用超声波在材料中的传播特性	焊缝，铸件等	高灵敏度，可检测内部缺陷	需要专业人员操作
	磁粉探伤	通过磁场和磁粉检测表面和近表面缺陷	铁磁性材料	高灵敏度，易于操作	仅适用于铁磁性材料
	射线检测	通过X射线或γ射线检测材料内部缺陷	金属材料	可以检测内部结构和缺陷	辐射安全问题，成本高
故障定位与分析方法	声发射技术	通过声波信号定位故障源	各种机械设备	精确度高，实时监测	可能受到其他声音干扰
	频谱分析	通过频率谱分析机械振动信号	旋转机械等	可以识别不同故障类型	需要专业软件支持
	专家系统	基于专家知识和经验进行故障诊断	复杂系统	综合利用各种信息进行诊断	依赖于专家知识的准确性和完整性

## 2. 预防性维护与检修策略

针对变电站内电压互感器的维护与检修,关键在于建立并执行一套详尽且规律性的检查及保养计划,并准备好充分的应急响应措施。定期巡视是预防潜在问题的第一道防线,通过系统地对设备进行全面检测,可以及时发现并处理任何可能存在的安全风险。这不仅限于对外观状态和功能性能的考察,也涵盖了对其内部组件健康状况的评估。此外,对于运行参数的持续监控同样重要,一旦观察到异常变化,就应当立即启动调查机制,并采取必要的纠正行动。

此外,构建一个高效的应急响应机制也是至关重要的。在电压互感器出现故障的情况下,能够迅速而准确地采取措施,以最大限度减少这类事件对电网系统的负面影响。这一预案应当详细制定故障检测流程、更换部件的操作指南以及必要的安全防范措施等,确保即便遇到紧急情况也能快速恢复设备的正常运行状态。

## 五、案例分析与实践经验分享

### 1. 典型故障案例分析

在一座 330kV 变电站中,一台电压互感器出现了故障。技术人员在进行常规检查时发现,该设备的二级侧电压表现出不规则波动,甚至出现过数值为零的现象。通过精密仪器检测及现场详细勘察后,运维人员及专业班组迅速定位到了问题所在:互感器内部的绝缘材料已经受损。

在执行操作的过程中,首先由技术人员隔离了故障电压互感器的故障点,防止事故扩大的基础上确保设备与人员的安全。随后,他们对该互感器进行了细致地检查,发现由于长期运行导致内部绝缘材料严重退化,进而削弱了其绝缘性能,并引发了二次侧电压的异常波动现象。通过迅速采取修复措施并替换损坏部件后,该电压互感器恢复到了正常的工作状态。

通过深入分析故障案例,我们识别出了几个关键的影响因素:首先,设备因长期使用导致其绝缘性能有所下降;其次,缺乏定期的检查与维护工作也加速了问题的发展。这一事件为我们提供了宝贵的教训:一方面,应当加强对变电站设施的日常巡检和维护力度,以便及时发现并处理潜在的安全隐患;另一方面,则需要定期开展预防性检测及状态评估,以保证所有设备能够持续处于最佳运行状态。

### 2. 实践经验与改进措施

在变电站日常管理中,电压互感器的作用至关重要。对其故障根源进行详细探究能够有效提升设备运行的安全与稳定水平,具有显著的实际价值。基于丰富的实践经验,我们总结了一套实用的常规保养策略,并进一步探讨了技术升级和装备更新的具体方案。

在日常的维护工作中,定期进行检查与测试是至关重要的。例如,通过周期性地对电压互感器执行绝缘电阻测量、介电损耗因素评估以及油中溶解气体成分分析等操作,能够有效地识别设备内部可能出现的绝缘性能下降及过热风险。此外,加强外部清洁保养工作,以防止由于污闪或湿度增加导致外绝缘失效的问题,对于提高电压互感器运行稳定性同样具有重要意义。

在技术革新与设施升级方面,我们建议引入先进的在线监测技术以实现电压互感器关键参数的实时追踪和预警。利用大数据分析工具,可以快速检测到设备运行中的异常情况,为维修人员提供精准的故障定位信息,从而有效缩短故障处理时间,并减少因电力中断导致的经济损失。此外,针对已长时间服役且出现老化迹象的设备,提议逐步推行更换方案,选择性能更优、安全性更高的新型电压互感器,以此提升变电站的整体自动化水平及运行可靠性。

## 结束语

综上所述,通过不断深化实践探索与技术创新,我们能够更加精准地诊断电压互感器故障的根源,并采取有效的改进措施,从而确保变电站运行的安全性和稳定性。

### 参考文献

- [1]李华,张明. 变电站电压互感器故障原因及解决措施[J]. 电力设备, 2022, 19(3): 145-147.
  - [2]王勇,刘晓峰. 电压互感器常见故障分析及处理[J]. 电网技术, 2021, 45(7): 2589-2593.
  - [3]陈刚,赵云龙. 变电站电压互感器故障检测与诊断方法[J]. 电力系统保护与控制, 2021, 49(17): 103-110.
  - [4]刘洋,孙晓红. 电压互感器故障识别与预防措施研究[J]. 电力自动化设备, 2022, 32(6): 162-167.
  - [5]高峰,王晓宁. 变电站电压互感器运行故障分析及处理[J]. 电力科学与技术学报, 2020, 25(2): 129-134.
  - [6]张伟,李军. 电压互感器内部故障原因及预防措施探讨[J]. 电网与清洁能源, 2021, 37(8): 7-12.
  - [7]林峰,徐志刚. 变电站电压互感器故障监测与诊断技术研究[J]. 电工技术学报, 2021, 36(14): 3026-3034.
  - [8]赵丽,刘晓琴. 电压互感器常见故障及处理方法[J]. 电力设备管理, 2022(5): 89-91.
  - [9]王晓辉,张涛. 变电站电压互感器状态监测与故障诊断[J]. 电力工程技术, 2020, 39(4): 341-347.
  - [10]李红,王晓明. 电压互感器故障分析及处理措施研究[J]. 电力系统及其自动化, 2021, 45(13): 205-211.
- 作者简介:王青华,男,生于1986年4月,汉族,陕西省,本科,工程师,变电站运维方向。