

# 变电站继电保护二次回路隐患排查技术及解决方法

钱宇 邱璐 张磊

国网冀北电力有限公司廊坊供电公司

**摘要:** 本研究目的在于探讨变电站继电保护二次回路隐患的排查技术和解决方法。研究方法包括文献研究、现场调研、专家访谈等。研究结果显示, 状态监测保护技术、录波器排查技术、过电流限定保护技术和故障可视化系统排查技术可以有效排查变电站继电保护二次回路隐患; 采用规范化设计、优化线路布置、加装监测预警装置、定期检测维护、人员培训等方法可以解决隐患。研究结论为上述排查技术和解决方法对提高变电站继电保护二次回路的可靠性具有重要意义。

**关键词:** 变电站; 继电保护; 二次回路; 隐患; 排查技术; 解决方法

【DOI】10.12252/j.issn.2096-6261.2022.07.112

## 引言

随着电网规模的不断扩大, 变电站继电保护二次回路的可靠性与安全性愈发重要。但是各类外部干扰以及设备老化带来了二次回路的隐患, 这些隐患会导致继电保护动作不正确, 危及系统安全稳定运行。因此, 开展变电站继电保护二次回路隐患的排查技术和解决方法研究具有重要意义。本研究通过文献研究和专家访谈等方法, 在总结现有技术的基础上, 提出了变电站继电保护二次回路隐患排查技术和解决方法。

### 一、变电站继电保护二次回路隐患

#### 1. 存在继电保护隐性失效的隐患

继电保护隐性失效是指继电保护设备在需要动作时无故障现象表现, 但实际上失去了相应保护功能的隐患状态。这种隐性失效多由二次回路故障引起, 表面上继电保护设备正常, 但当主回路发生故障时, 继电保护装置无法正确判断和动作隔离故障。导致继电保护隐性失效的典型原因有: CT/VT二次回路开路、制动电阻故障、电流互感器二次绕组故障、电压互感器二次回路地故障等。这些隐患都不会立即造成明显的保护动作异常, 继电保护设备的显示、信号等仍然正常, 但实际上已经隐蔽地失去了保护功能。当主回路发生故障时, 由于这些隐藏的二次回路故障, 继电保护无法正确采集电流、电压等信号, 因此无法实现正常判断动作。这会延迟故障的隔离时间, 导致设备损坏和事故扩大, 危害极大。

#### 2. 动作逻辑判断错误的隐患

变电站继电保护的判断是根据二次回路获取的电流、电压等模拟量信号, 通过判据单元对故障类型、位置、性质进行综合判断, 并产生相应的动作信号。因

此, 如果继电保护二次回路本身存在隐患导致采集到的模拟量信号失真, 会使得判据单元的动作逻辑判断出现错误。比如电流互感器二次线圈接反接、电压互感器二次绕组接错等故障, 会造成继电保护获取反向的或失真的电流、电压信号。当主回路发生故障时, 这些错误信号会导致保护装置的判据单元错误判断故障的性质、类型、部位等, 从而实现一个错误的动作逻辑, 造成误动作或失灵。这种隐患同样不易被发现, 但后果极其严重, 可能导致重要设备损坏、事故进一步扩大等。

#### 3. 继电器误动作的隐患

继电器是实现继电保护断路器隔离动作的执行机构, 其动作可靠性直接关系到保护功能的实现。然而长期运用中的各类继电器, 如过电流继电器、方向继电器、差动继电器等都存在由于绝缘老化、接触点疲劳、振动影响等原因而发生误动作的隐患。继电器误动作表现为在没有发生主回路故障时异常动作, 从而引起错误的保护动作和断路器动作。严重时可能导致重要供电路径切断, 造成大面积停电事故。同样由于这类隐患不会引起明显报警, 很容易被忽视, 但后果非常严重。

#### 4. 继电器接点故障的隐患

继电器具有进行断路器闭锁、切换、报警、动作信号传递等功能的多组接点。这些接点在长期运用过程中也存在老化、氧化、烧坏、间隙增大等故障, 使得接点之间产生缺陷, 两个接点接触不良, 无法进行正常的导通和断开。这种情况下继电器外表看似正常, 但其控制功能已经受损。一旦发生主回路故障, 这种隐蔽的接点故障会阻碍相应保护动作的执行和信号的传递, 最终可能导致故障延时隔离, 事故进一步扩大的严重后果

### 二、变电站继电保护二次回路隐患排查技术

### 1. 状态监测保护技术

状态监测保护技术通过在继电保护二次回路的关键部位安装传感器,实时监测电压、电流、温度、湿度、振动等多种状态参数,并将其输入组态软件,设置适当的阈值,当监测参数超过设置范围时,能够自动生成报警信息和保护信号指令。这种技术可以对继电保护的整体现状进行实时监控,能够快速反映出二次回路中的各类隐患。例如通过在开关柜内安装温度、湿度传感器,当超过安全范围时即产生报警信号;通过测量继电器的工作电流变化判断其工作状态;或者通过电流互感器二次侧安装电流采集器测量二次侧电流波形、频谱、有效值等参数。一旦监测指标异常,及时报警和测距记录关联信息,可以快速定位二次回路的故障点。这种技术还可以对继电保护动作进行有效性检测,当检测到保护动作不符合预期时,及时报警提示可能存在隐蔽故障,保证及时发现隐患。

### 2. 录波器排查技术

利用数字录波技术可以有效地对继电保护二次回路的动作过程进行全面而详细的记录,通过分析录波数据可以检查出二次回路中的故障点和隐患。典型的排查方法是在断路器运行过程中,启动录波装置对其断路器辅助回路中的电流、电压等信息进行高速精确采集和存储。当发生保护动作异常时,通过分析录波数据,能够测量各继电保护设备的动作时间、动作前后电流电压参数变化等,检查其动作是否正确以及是否存在故障。还可以通过专用分析软件构建录波数据的三维模型,直观检验保护装置的动作逻辑是否存在异常。利用这种技术可以有效地模拟继电保护的各种工作状态,快速定位影响其正常动作的隐蔽故障。

### 3. 过电流限定保护技术

过电流限定保护通过软硬件手段,对电流电压信号的采集范围进行限制,一旦检测到超限信号,立即报警并中止保护动作。这种技术可以避免继电保护因获取失真的电流电压信号而发生错误动作。典型的方法是设置硬件电流电压隔离放大模块,确保所接传感器的输入值保证在正常工作范围,一旦出现异常大信号即停止输出并报警;或者通过数字保护软件设定逻辑判断功能,如果采集信号超过可能的最大值,则不再参与保护定值计算,直接报警。这种技术的应用可以有效防止二次回路故障导致的信号失真触发保护误动作。

### 4. 故障可视化系统排查技术

故障可视化系统通过二次设备信号的综合分析处理,能够快速识别电力系统中的各种故障信息和隐患源,并通过可视化的图形、曲线、报表直观地将结果展示,便于操作人员快速理解与判断。这种技术广泛应用于对继电保护工作状态的直观检测,一旦发现异常,可以快速定位具体的故障部位和原因。典型的方法有树状图显示保护动作顺序逻辑、三维模拟图显示保护特征量向量关系、色谱图显示模拟量数据变化趋势等。运用这些可视化表示结果,可以使复杂的保护二次回路异常情况一目了然,有利于隐患的快速发现。

## 三、变电站继电保护二次回路隐患解决方法

### 1. 根据标准规范化设计

变电站继电保护二次回路设计标准化,是消除隐患的关键所在。相关国际国家标准对二次回路的设计提出了严格规范,这些规范涉及绝缘电阻要求、屏蔽接地要求、抗干扰等级选择、线缆参数设定、端子标识规则等多个方面。如果严格按照这些标准实施设计,可以大大减少二次回路在运行过程中的各类隐患。老旧变电站建设时的二次回路设计标准并不完善,导致多数项目在绝缘水平、抗干扰能力、线路走向等方面存在潜在设计缺陷,这直接埋下了安全隐患。为消除这些隐患,必须重新进行规范化设计。这意味着工程设计人员必须全面学习最新标准,从选择电缆绝缘层材料开始,到确定开关柜大地回流计算,每个细节都严格执行标准规定。同时,运用三维建模、电气仿真分析等现代化辅助设计手段,科学优化二次回路的布置,确保其抗干扰能力。

### 2. 优化二次线路布置

合理的二次线路布置在设计标准化的基础上,是进一步降低故障概率、消除隐患的重要环节。线路布置优化主要从双重安全性角度考量——抗干扰性和抗损伤性。采用多层交错敷设、区隔不同电压等级的做法,增强了二次线路段之间的电磁隔离效果,有效抵御外部强电场强磁场的耦合干扰,防止信号扰动。特别是对比特弱模拟信号线路,更需要分类集中布置,并在其外围设置大面积低压屏蔽网,形成屏蔽腔,隔绝静电感应和电磁噪声影响。这类布置优化,可使复杂环境下的二次线路保持稳定可靠的传输特性。同时,针对铜芯控制电缆这类机械强度较弱的线路,设置金属管道或封闭护套的做法,可以防止其暴露在外遭受物理撞击、啃咬而受

损。合理划分永久区和临时区电缆布置,也有利于减少人为不慎损坏的概率。这类布置强化了二次线路的抗干扰性。此外,按标准进行严格接线、标识、造册,并采取冗余供配电措施,在一定程度可互相备份、提升重要二次回路的可靠性。

### 3. 加装监测和预警装置

对于无法完全避免的二次回路残缺隐患,采取主动监测预警的手段进行风险管理,是维持系统可靠运行的重要保障。具体来说,这类监测预警可从电气量监测和环境参数监测两类手段着手。在重要的节点位置,例如在保护继电器的二次侧接入点、相关开关柜出线端等,安装精密的电流、电压检测传感器或采集模块,对二次回路的电气量信号进行持续采集和分析。一旦出现超限、失真等异常,立即触发报警。这可以实现对电气故障的及早预警。与此同时,配合信号采集与录波分析系统,对各重要保护动作的触发时序、判据参数等进行实时监视,出现异常延迟等情况时快速提示,防止隐蔽故障进一步演变。这类电气信号监测预警手段,可有效降低二次回路电气量异常导致的隐患风险。此外,还可以通过监测环境温湿度、橱内烟雾浓度、浸水触头报警等手段,对开关柜、接线盒内部环境进行持续监测,这有助于及早发现环境异常可能引发的隐患,预防故障扩散蔓延。

### 4. 定期检测与维护

完善和执行规范化的定期检测与维护制度,是继电保护二次系统隐患管控的重要环节。检测维护工作应当系统性考虑二次系统的各个关键部件,建立起高频率的巡检机制,确保能够及时发现潜在故障与隐患。二次线路作为信息流通的“经脉”,其绝缘与导通特性关系到整个系统的可靠性。因此必须形成体系化的线路检测规程,例如对绝缘强度较弱的比特报文线路,每年进行数次兆欧表测量,评估绝缘损耗情况,对发现的问题线路进行局部增强或整体更换,还需对信号端子间隙变形进行检查,防止接触不良;对执行保护动作的跳线每半年精确检测导通情况一次。这类线路巡检内容与频次,应严格执行标准确定。同时,继电保护装置作为二次系统的“大脑”,更需要重点细致检查。建议按照保护形成分级维护策略,高中低压力站采取差异化检查规程,内容包括定期校对时间基准、遥测量回路、定值组态等;关键站点保护每年上报详尽状况分析报告,并由高级工

程师进行审核,关注异常迹象。这类分级规程化的设备检测方案,能持续评估保护装置的可靠性状况与潜在隐患。

### 5. 增强设备抗干扰能力

电力系统作为特殊的电磁环境,二次线路和设备容易遭受各类强烈干扰,这类外部干扰是导致信号失真、动作错误的重要隐患源。因此,必须从系统层面采取抗干扰技术手段,提高整个二次系统的抗干扰能力与稳定性,使其能够在复杂环境下可靠运行。电力二次系统面临的典型干扰包括雷电脉冲干扰、开关操作过电压、外部电磁噪声以及各类静电放电等。为有效抵御这些干扰对微弱电气信号的影响,可采取设置避雷保护装置、选择屏蔽信号电缆、增加滤波模块等技术手段。这类设备部署实现了从入口抑制干扰输入、中游隔离传输、出口滤波干扰等多级防护。特别需要注意的是,二次系统自身也会因接地不当等原因产生各类噪声干扰。这类内部干扰同样危害信号可靠性。因此还需重点完善二次系统的接地保护,形成良好的大地参比面,有效控制来自大地的噪声干扰,确保微弱信号的稳定性。只有通过系统化、多层面的抗干扰技术手段部署,充分考虑外部干扰输入与内部噪声控制,使二次系统形成完善的抗干扰体系,才能够确保不同环境下信号的可靠传输与设备正常动作,最大限度减少环境引起的隐患风险,实现继电保护系统的安全稳定运行。

## 结束语

本研究通过文献调研和专家访谈,归纳总结了变电站继电保护二次回路的典型隐患、隐患排查技术和解决方法。这些技术和方法的应用,可以有效提高变电站继电保护二次回路的可靠性和安全性。后续研究方向包括这些技术和方法的进一步优化,以及它们在实际工程项目中的应用效果评估。

## 参考文献

- [1] 费媛媛. 关于火电厂继电保护二次回路隐患排查技术探究[J]. 内蒙古煤炭经济, 2021, (23): 38-40.
- [2] 任微道. 变电站继电保护二次回路的隐患排查技术[J]. 集成电路应用, 2021, 38(12): 226-227.
- [3] 马全胜. 变电站继电保护二次回路隐患排查技术[J]. 电子技术与软件工程, 2021, (23): 224-225.