

Practice of Hidden Hazard Investigation and Rectification Measures for Electrical Secondary Circuits in Small Hydropower Stations

Binbin Jiang

Qingxi Branch, Guizhou Beiyuan Electric Power Co., Ltd., Guizhou Province, Guiyang, Guizhou, 550003, China

Abstract

As an electrical duty officer, I have gained a deeper understanding of electrical secondary circuits during daily work processes. These circuits are crucial for the safe and stable operation of small hydropower stations, as their performance directly impacts the reliable start-up, shutdown, and fault handling of power generation equipment. Based on my experience in duty and maintenance, this paper analyzes common hazards in the secondary circuits of small hydropower stations. It summarizes key inspection points from four aspects: wiring, insulation, devices, and setting plates, and proposes targeted corrective measures. Practical results demonstrate that these measures effectively eliminate circuit hazards, enhance the operational reliability of secondary circuits, provide reliable safeguards for the safe power generation of small hydropower stations, and serve as a reference for similar power stations.

Keywords

Small hydropower station; Electrical secondary circuit; Hidden hazard inspection; Rectification measures; Shift duty practice

小水电站电气二次回路隐患排查及整改措施实践

蒋彬彬

贵州北源电力股份有限公司清溪分公司, 中国·贵州 贵阳 550003

摘要

作为电气值班员,在日常工作过程中对电气二次回路有了更深刻的认识,它是小水电站安全稳定运行的关键所在,其运行情况直接影响到发电设备的可靠启停及故障处理。本文结合自身的值班以及检修经验,对小水电站电气二次回路经常出现的隐患进行分析,从接线、绝缘、装置、定值压板四个方面进行排查要点的总结,并有针对性的做出具体的整改措施。经实践证明,这些措施可以有效地消除回路隐患,提高二次回路运行可靠性,给小水电站安全发电提供可靠保障,也可以为同类电站的相关工作提供参考。

关键词

小水电站; 电气二次回路; 隐患排查; 整改措施; 值班实践

1 引言

小水电站电气二次回路对一次设备实施着监测、控制、保护的职能,是电站的神经中枢。清溪分公司所辖的电站规模虽小,但是二次回路包含发电机变压器保护控制信号等众多系统,长期运行受环境维护、设备老化等因素的影响,回路隐患逐渐暴露出来^[1]。电气值班员作为直接对设备巡检和操作的人员,在日常巡查和处理故障的过程中发现,二次回路的微小隐患都会造成保护误动或者拒动,导致设备停机甚至造成安全事故。结合岗位实际开展二次回路隐患排查及整改工作,找出问题根源,总结出有效的解决办法,对提高电

站运行的安全性、稳定性有着重要的现实意义。

2 小水电站电气二次回路隐患排查

2.1 接线松动或错接引发接触不良

接线问题属于二次回路最常有的隐患,多发于端子排插件电缆接头这些连接之处。设备安装阶段接线工艺不规范,或者长期运行中受振动、温度变化的影响,端子螺丝会出现松动。值班巡查时曾发现,断路器机构箱内部分二次电缆接线端子只压住了导线绝缘层,铜芯没有接触,造成合闸回路时通时断。部分老旧回路改造之后还存在接线标识与实际回路不符的现象,电流互感器二次绕组极性接反,造成保护装置采集数据异常。另外部分端子排存在一个端子接入多根导线的情况,导线之间挤压摩擦容易造成绝缘破损,增大短路的风险^[2]。接线问题初期只会出现信号闪烁的情况,如

【作者简介】蒋彬彬(-),男,中国浙江台州人,本科,助理工程师,从事小水电电气专业研究。

果不及时处理,就会导致保护误动作。

2.2 绝缘性能下降导致回路异常

小水电站大多建在山区,湿度大、粉尘多,二次回路绝缘易受环境影响而降低。户外端子箱机构箱密封不严,在雨天或者雾天时潮气进入内部,内部的导线绝缘层吸潮变软,时间久了就会发生老化开裂。发电机层电缆沟排水不畅的时候,积水会浸湿电缆,使电缆的绝缘电阻下降。部分老旧回路中导线的绝缘材料本身性能就不好,长时间受热辐射和电场的作用,绝缘层逐渐变脆失去绝缘作用。值班时遇到过由于电压互感器二次回路绝缘损坏,导致直流系统接地信号频繁出现的情况。另外端子排及接线盒内积存的粉尘油污,也会引起绝缘能力下降,产生潜在的漏电危险,危及回路正常工作。

2.3 保护装置及元件存在功能缺陷

微机保护装置及各类继电器是二次回路的关键设备,其性能缺陷会直接影响回路功能。部分运行年限较长的微机保护装置,内部插件由于长期带电出现接触不良,造成装置指示灯闪烁、参数显示不稳定。有的装置的电源模块老化,输出电压不稳,造成保护逻辑紊乱。继电器等元件也常出现故障,时间继电器动作延时不准确、电流继电器触点氧化接触不良等都会造成保护动作时间偏差或者拒动。装置散热不良也是常见的问题,保护屏内通风不畅,夏季高温时装置内部温度升高,容易造成程序崩溃或者元件烧毁。值班期间曾处理过由于保护装置采样模块出现故障,造成发电机过流保护误动作的事件,暴露出装置日常维护中存在的漏洞。

2.4 定值与压板管理疏漏埋下风险

保护定值和压板的误整定或误投入,是二次回路中容易被忽略,但危害很大的隐患。部分小水电站系统方式改变或者设备检修完毕之后,没有及时对保护定值进行调整,依旧使用之前的定值,造成保护配置同实际运行工况不匹配。压板管理也存在很多问题,预防性试验或者抢修后容易出现重要压板误投漏投的情况。有些压板长期未操作,触点氧化锈蚀,导致压板看似投入,实际并未接通。部分值班人员对压板功能认识不清,倒闸操作中误碰相邻压板^[1]。定值、压板未建立清晰的台账记录,变更情况未及时存档,导致后续维护时无法准确查阅核对,这些疏漏都会在故障发生时引起保护误动或者拒动,扩大事故的影响。

3 小水电站电气二次回路隐患整改措施

3.1 规范接线工艺强化连接可靠性

针对接线松动、错接问题,从工艺规范审核、紧固措施落实两方面开展整改工作。接线工艺上统一采用冷压端子连接方式,根据导线截面积选择匹配规格的冷压端子,用专用压接工具压接牢固,不压接绝缘层。新接线或大修时,按图纸核对电缆编号、端子号,用对线灯逐芯核对,防止错接、漏接,每根导线末端有回路编号,标识不易脱落。

日常核查中把端子排机构箱插件等连接部位作为重点检查对象。采用直观检查和工具检测相结合的方法,用手轻轻拨动接线,如果有明显的位移就判定为松动。断路器机构箱保护屏内端子定期用合适规格的螺丝刀按标准力矩紧固,M6螺栓紧固力矩控制在8~10 N·m之间,用力过大容易损坏端子或者螺丝滑丝^[4]。紧固之后,用手轻轻拉动导线,确认无位移,同时检查导线绝缘层有无破损,破损处用绝缘胶带包扎或更换导线。

对电流互感器、电压互感器回路,紧固接线后重点检查极性。用相位表在设备带电状态下校验相序、极性是否与图纸一致。对于一个端子接多根导线的问题,实施回路优化改造,增设端子排或者转接端子,让每一个端子只接入一根导线,消除导线间的挤压摩擦隐患。整改完成后做好记录,为以后的维护工作提供依据。

3.2 多措并举提升回路绝缘性能

为解决绝缘性能下降的问题,从环境控制、绝缘检测、设备改造三个方面进行整改。环境控制上先解决户外端子箱机构箱的密封问题,更换老化密封圈,在箱门边缘加装防水胶条,保证关闭后密封良好。在端子箱内装设小型除湿机,设定湿度阈值,当箱内湿度大于阈值时,启动除湿,保持箱内干燥^[5]。对电缆沟进行全方位的检查,疏通排水管道,在低洼处设置集水井和排水泵,防止积水浸湿电缆。定期对发电机层、厂房内保护屏进行清扫,清除屏内粉尘,保持良好通风,防止粉尘积聚影响绝缘。

对强化绝缘实施定时检测,把绝缘电阻检测归入日常维护计划当中。每季度做二次回路绝缘测试,测试前断开被测回路和保护装置连接,防止测试电压对电子元件造成损害。用专用绝缘测试仪器,对电流回路电压回路操作回路和信号回路分别进行测试,主要检查户外回路和老旧回路的绝缘情况。测试时做好记录,将测试结果与历史数据对比,分析绝缘电阻变化趋势,如果绝缘电阻明显下降,就及时查找原因。

对绝缘性能严重下降的回路进行改造,更换老化的导线,使用耐潮耐热绝缘性能好的导线。敷设电缆时不能挤压拖拽,防止绝缘层破损,电缆穿墙或穿管处加装保护套。电压互感器二次回路按照规范装设断线闭锁装置,当回路发生断线或绝缘破损时,可及时发出信号并闭锁相关保护,防止保护误动。另外定期清理端子排金属连接器表面的污垢和氧化层,清洁后涂上专用保护剂,提高绝缘性能。

3.3 精准处置保护装置及元件缺陷

保护装置及元件缺陷整改要准确找到问题,分步骤进行处置。日常值班时,对微机保护装置的状态进行监测,在巡查时查看装置指示灯显示是否正常,有无报警信号,听装置内部有无异常声响。定期检查装置电源模块输出是否稳定,如果出现电压闪烁或者指示灯异常的情况,需要立刻切断装置的电源,替换上备用电源模块来防止因为模块故障而

造成的保护逻辑紊乱。

对装置内部插件进行定期维护，每年至少进行一次插件清洁及接触检查。打开装置面板，用专用毛刷对插件表面进行粉尘清扫，用无水酒精对插件金手指进行擦拭，去除氧化层和污垢。将插件拔出后重新牢固插入，保证插件和主板的接触良好，防止插件和主板接触不良造成数据采集错误或者程序崩溃。对运行时间长的插件，如果多次发生接触问题，更换新的插件并做好型号规格记录。

对继电器等元件缺陷，建立元件台账，记录元件型号、安装时间、历次检测数据。定期对继电器进行性能检测，模拟实际运行条件测试动作值返回值及动作时间等参数，参数超出允许范围时及时调整或者更换。行程开关位置偏移造成储能电机工作异常时，松开固定螺丝，调整行程开关位置，使电机在弹簧储能到位后能准确断电，调整后多次分合闸试验，检验开关动作的可靠性。

加强保护装置运行环境管理，保证装置工作环境的温度和湿度符合说明书的要求。在保护屏内装设温度调节装置，夏季高温时开启散热风扇，冬季低温时采取保温措施，防止温度急剧变化而影响元件性能。定期检查光纤通道的状态，查看延时和误码的信息，和同类型设备以及历史数据进行比较，发现异常就联系通信专业人员处理。同时备足常用的备件，比如继电器电源模块插件等，以保证在设备出现故障的时候能够快速更换，减少停机时间。

3.4 规范定值管理与压板操作流程

定值、压板问题的整改关键是“流程+监督”。建立完善保护定值管理体系，把定值单分类归档，注明定值适用的运行方式设备状态和批准信息。系统方式改变设备检修或改造后，及时领取新的定值单，由两名值班员核对定值单内容无误后输入保护装置。定值输入完成后，两人交叉核对，保证输入值与定值单一致，防止定值错误造成保护误动或者拒动。

制定压板操作专项流程，规定压板操作的审批权限、操作步骤和安全注意事项。每次操作压板前值班人员应对照运行规程、操作票确认压板名称、功能及当前状态，防止误

投漏投。操作时做好记录，注明操作时间、操作人、操作原因，操作完毕后检查相关的保护装置，验证压板操作结果。预防性试验、抢修及恢复送电等敏感时期，安排专人看守压板操作，防止人员疲劳或者麻痹大意造成误操作。

加强压板的日常保养，定期检查压板触点有无氧化锈蚀，操作是否灵活。对氧化的触点用细砂纸轻轻打磨触点，去除氧化层后清洁表面，再涂上导电膏以提高接触性能。对长期不用的压板定期进行手动操作，防止触点粘连。在压板上标明名称及投退状态，用颜色区分重要的压板和普通的压板，方便识别。另外定期进行定值、压板专项检查，核对压板实际状态与定值单要求是否一致，发现问题及时整改，保证保护配置满足运行要求。

4 结语

小水电站电气二次回路隐患排查与整改是细致而持续的工作，作为一线电气值班员，必须以严谨负责的态度，从接线绝缘装置定值压板等基础工作做起，精准排查每一个可能的隐患，落实每一项整改措施。本文结合清溪分公司小水电实践总结的排查要点和整改方法，均经过现场检验，实用性、可操作性强。通过对二次回路的常态化检修维护，保护装置误动、拒动的概率显著下降，提高了电站运行的安全性、稳定性。未来工作中，随着技术的发展不断积累经验，改进排查和整改方案，为小水电站安全高效运行提供更多的实践智慧。

参考文献

- [1] 周奇. 水电站电气二次设备智能化平台设计研究[J]. 仪器仪表用户, 2025, 32 (07): 101-103.
- [2] 赵文高. 基于大数据的水电站电气二次设备故障诊断系统设计[J]. 电力设备管理, 2025, (11): 125-127.
- [3] 姚卫星;周光荣;徐礼达. 水电站电气设备安装[M]. 中国水利水电出版社: 201909. 756.
- [4] 李甘, 张茜茹, 梁志开, 金能. 水电站电气二次智能设计平台研究与应用[J]. 水利水电快报, 2022, 43 (06): 53-57.
- [5] 杨明. “互联网+”背景下的高职院校水电站电气二次回路课程的教学改革研究[J]. 中国现代教育装备, 2019, (19): 90-92.