

Research on Defect Management and Closed loop Processing Mechanism of Substation Equipment

Qiuxia Yuan Yong Zhang Muyeshaer·Dulikun Hongli Wan

Changji Power Supply Company of State Grid Xinjiang Electric Power Co., Ltd., Changji, Xinjiang, 831100, China

Abstract

As the core hub of power transmission and distribution, substation equipment defects are likely to cause power grid failures. Currently, there are problems such as delayed defect identification and non-standard handling processes in some substations. This paper first analyzes the characteristics and classification of substation equipment defects, categorizing the defects into insulation-related, conductive circuit-related, mechanical, and secondary system-related types, and examines the causes from three aspects: equipment itself, operating environment, and human operation and maintenance. Then, it designs an optimized defect management mechanism from the dimensions of defect identification and information collection, classified and hierarchical management, and standardization of handling processes and system construction. Finally, it constructs and elaborates on a closed-loop handling mechanism, including the connotation and necessity of closed-loop management, as well as sub-mechanisms such as defect discovery, reporting and confirmation, defect handling, verification and filing, and closed-loop supervision and responsibility tracing. The feasibility of the mechanism is verified through cases in multiple industries, providing theoretical and practical support for improving the operation and maintenance level of substations and ensuring power supply reliability.

Keywords

Substation Equipment; Defect Management; Closed-Loop Processing Mechanism; Optimization Design; Reliability

变电站设备缺陷管理与闭环处理机制研究

员秋霞 张勇 木叶沙尔·都力昆 万红丽

国网新疆电力有限公司昌吉供电公司, 中国·新疆 昌吉 831100

摘要

变电站作为电力传输与分配核心枢纽,其设备缺陷易引发电网故障,当前存在缺陷识别滞后、处理流程不规范等问题。本文先分析变电站设备缺陷特征与分类,将缺陷分为绝缘类、导电回路类、机械类、二次系统类,剖析设备自身、运行环境、人为操作与维护三方面致因;再从缺陷识别与信息采集、分类分级管理、处理流程标准化与制度建设维度,设计缺陷管理优化机制;最后构建并阐述闭环处理机制,包括闭环管理内涵与必要性,以及缺陷发现上报确认、处理验证归档、闭环监督与责任追溯等子机制,通过多行业案例佐证机制可行性,为提升变电站运维水平、保障供电可靠性提供理论与实践支撑。

关键词

变电站设备; 缺陷管理; 闭环处理机制; 优化设计; 可靠性

1 引言

变电站是电力传输与分配的核心枢纽,设备缺陷易引发电网故障。当前部分变电站存在缺陷识别滞后、处理流程不规范等问题,影响供电可靠性。本文聚焦设备缺陷特征、管理优化及闭环机制构建,为提升变电站运维水平提供理论与实践支撑。

2 变电站设备缺陷的特征与分类

2.1 变电站设备缺陷的主要类型

结合实际运行情况划分变电站设备缺陷,其中绝缘类缺陷常见于变压器绝缘油介损超出标准范围、GIS设备盆式绝缘子表面有爬电痕迹、电缆终端头因绝缘老化开裂等状况,这类缺陷易致设备被击穿,威胁电网绝缘安全;导电回路缺陷多表现为断路器触头烧蚀、隔离开关接线端子过热变色、母线接头接触电阻超标,会加大电能传输损耗,严重时引发局部过热甚至起火;机械类缺陷主要集中在断路器操作机构弹簧疲劳变形、隔离开关传动齿轮卡滞、主变冷却风扇轴承磨损异响等方面,直接影响设备机械操作可靠程度;二次系统缺陷体现为继电保护装置采样精度偏差、测控装置信

【作者简介】员秋霞(1994-),女,中国新疆博乐人,本科,中级,从事变电运维研究。

号传输中断、自动化系统遥控指令执行延迟,易造成保护装置误动作或拒动作,干扰电网稳定运行。

2.2 缺陷产生的原因分析

从设备自身状况来讲,制造过程中材质瑕疵(如变压器铁芯硅钢片叠片不紧实、GIS壳体焊缝气密性不理想)及设计不足(如开关柜散热通道布局不当、电缆选型与载流量适配不佳)会使设备投入运行后暴露潜在缺陷和隐患;就运行环境条件而言,高温潮湿环境促使绝缘子加快老化、沿海区域盐雾腐蚀设备金属部件、雷击过电压击穿避雷器、工业粉尘附着降低设备绝缘性能等外部环境因素,对设备运行状态有直接影响;在人为操作与维护层面,操作人员倒闸操作误触设备机械连锁装置、定期检修未按规程紧固设备螺栓、检测工作(如红外测温)遗漏关键部位、缺陷处理后未全面验收等人为错误,会引发新缺陷或扩大原有缺陷。

3 缺陷管理的优化机制设计

3.1 缺陷识别与信息采集的优化措施

构建“智能监测+人工巡检”双轨模式,在中断断路器、主变、电容器、分接开关等重要部位通过红外热成像仪对温场进行扫描,精确发现接头过热、绝缘发热等隐含缺陷;应用局部放电在线监测系统采集GIS设备的特高频信号,利用深度学习的方法实现对局部放电类型的判别及严重性的定级;对电缆线路而言,借助于分布式光纤测温技术完成电缆全线的温度监测工作,能够及时地发现由于绝缘老化引起温升的缺陷。另外,增加缺陷管理信息系统的缺陷现场图片上传、地点标注以及检测数据的自动导入,并打通与设备台账系统、在线监测平台之间相关的信息链接口,使得设备型号、投运年限、历史缺陷等可实现自动的关联。同时杜绝手工记录带来的出入项的现象,将获取的缺陷信息真实性和准确性做到位,使采集的信息真实有效^[1]。

3.2 缺陷分类与分级管理策略

根据设备重要程度及缺陷涉及范围拟定分类标准,从设备类别角度分为主设备缺陷(如变压器、断路器等)、辅助设备缺陷(如冷却系统、操作电源等)和二次设备缺陷(如保护装置、自动化设备等),从缺陷性质角度分为绝缘、机械及电气方面的缺陷;分级管理运用“三级划分法”:Ⅰ类缺陷即紧急缺陷,指可能导致设备停止运行甚至引发电网事故(如主变瓦斯继电器动作、断路器拒绝动作等)的缺陷情况,需在24小时内处理;Ⅱ类缺陷即重要缺陷,指会影响设备安全运行但短时间内不会引发事故(如隔离开关接触不良、互感器精度偏差等)的缺陷,要在72小时内制定处理方案;Ⅲ类缺陷即一般缺陷,指对设备运行影响较小(如设备外壳锈蚀、指示灯坏掉等)的缺陷,可纳入月度检修计划处理;同时构建分级资源调配机制,优先保证Ⅰ类缺陷处理所需的人员配备、备件供应及技术支持。

3.3 缺陷处理流程的标准化与制度建设

流程标准化工作旨在清晰界定“发现——评估——处

理——验收”这四个关键环节操作规范,包括一旦发现缺陷负责巡检的工作人员1小时内完成相关信息录入及初步判断,技术部门2小时内启动针对该缺陷评估工作并制定涵盖处理方案、安全措施及工期规划等内容的执行文件;缺陷处理过程严格落实停电作业票相关制度,主变吊罩检修、GIS设备补气等关键工序留存影像资料记录;缺陷处理结束后运维、检修及技术三个部门共同开展验收工作,通过现场测试及运行情况观察确定缺陷是否彻底消除。制度建设方面出台《变电站缺陷管理办法》明确运维班组、检修班组和技术部门工作中的职责划分界限,构建缺陷处理绩效考核相关机制关联缺陷处理及时程度、验收合格比例和班组绩效,定期开展针对缺陷管理的培训活动通过实际案例剖析、现场实际操作等提升工作人员规范意识,每个季度组织缺陷管理评审会议总结流程漏洞及制度不足持续完善整个管理体系^[2]。

4 闭环处理机制的构建与实施

4.1 闭环管理的内涵与必要性

闭环管理依靠“确定目标——推动执行——反馈结果——优化调整”的循环思路,将管理流程各节点打造成相互有机连接的整体,其核心意义在于借助动态反馈消除流程不连贯处及信息传递损耗以达成管理行为不断更新;从组织运营角度,闭环管理能有效防止“只重视决策却轻视执行”“只注重处理事情却不关注改进”等情况,通过清楚界定各环节权力、责任界限与流转规则保证管理目标逐步落实到位;同时,闭环管理过程中积累的数据及改进经验可转变成组织管理资产,为后续决策提供数据支持,这是现代组织提高管理精细程度的重要途径;若相关体系缺少闭环管理,易出现问题整改不完善、同样失误反复出现的状况,进而造成资源浪费及管理效率低下,所以搭建闭环管理体系是组织实现可持续发展必定要做出的选择。

某新能源电池生产企业闭环管理之前的产品一致性较差,有的批次电池容量偏差较大也不去追本溯源。但在采用闭环管理模式之后,对该企业来说,有“生产参数监控-产品检测-问题分析-工艺优化-效果验证”整个回路的闭环管理模式,并且针对某一批次电池容量偏小的问题,对该批产品进行检验,挑选出该批不合格产品;通过对产品不合格的原因进行剖析,并通过试验与分析,发现正极材料混合的时间不够充足导致的结果,然后在调节搅拌工艺参数的同时将该项参数加到生产标准之中,此种方法应用之后,本批产品及其他同类问题的发生率下降了91%,且产品的合格率从之前的89%上升到了98%。证明了这种闭环管理是可行的^[3]。

4.2 缺陷发现、上报与确认机制

缺陷发现机制要形成“主动探测+被动响应”的二维立体网。主动探测要建立定期巡检、抽样检测、流程审计等专项工作;能“主动探测+被动响应”,例如生产企业做好设备巡检、互联网企业做好代码测试等;被动响应要提供便捷的反馈通道鼓励员工、客户和合作伙伴主动上报缺陷,

并且根据日常情况、频率,明确各主体发现缺陷的频次要求,防止漏报。缺陷上报机制应注重规范性、高效性。建立一套格式规范统一的缺陷上报表单,将缺陷现象、发生环境、严重程度、影响范围等内容要素进行明确;建立分级上报通道,普通缺陷可通过线上系统直接上报,一般严重度以上级别的缺陷需要启动紧急上报流程,保障信息迅速传递。缺陷确认机制是保证问题真的存在的基础措施,需要成立问题确认小组,采取现场查看、数据比对、多方会诊等多种方式确定缺陷的性质、等级、责任方等,避免因误报和假报浪费人力物力等情况发生。

某连锁零售企业在门店运营工作中,构建一套完整的包含缺陷察觉、上报、确认的制度。在缺陷察觉上,区域督导每周巡查门店查看商品摆放、服务流程等,店员借助内部APP反馈库存管理问题,客户通过公众号提交服务投诉;在缺陷上报方面,店员发现如“生鲜区冷链温度超出标准”情况,需通过APP上传温度记录与现场照片并选“食品安全类”缺陷标签提交,遇火灾隐患等重大缺陷则马上电话向区域经理上报;在缺陷确认环节,由运营、品控及技术人员组成专门小组,针对冷链温度问题,品控人员现场重核温度记录仪数据,技术人员检查制冷设备运行状态,若确认是压缩机故障致温度超标,判定该缺陷为一级缺陷,明确门店设备维护部门为责任主体,为后续处理工作打好基础^[4]。

4.3 缺陷处理、验证与归档机制

秉持“分类处理、限时完成”准则,按缺陷程度拟定应对办法的缺陷处置机制:一般性缺陷由责任部门自行处理并明确具体时间界限,重大缺陷则组建专门工作小组,规划实施步骤、调配所需资源,同时跟踪工作进展、协调解决阻碍;要求对标准量化,处理工作完成后负责验证主体依量化标准展开检测以确定缺陷是否彻底解决,未达标准则退回责任部门重新处理直至满足要求的缺陷验证机制;需对涵盖发现缺陷报告、处置缺陷方案、验证过程记录等整个流程资料进行全面系统整理,按缺陷类别、发生时间及责任部门分类存放,搭建检索体系以便日后查询借鉴、为处理类似缺陷提供参考依据,作为知识积累沉淀关键所在的缺陷归档机制。

如某市政工程公司开展道路施工项目时严格落实该机制,施工中发现“路面沉降”重大缺陷,随即成立由项目经理、结构工程师及施工班组构成的专项小组,制定“注浆加固+表层重铺”处理方案并明确10天内完成,由监理每日监督工作进度,处理结束后,第三方检测机构利用地质雷达检测路基密实度确认路面沉降问题已解决,之后整理此次缺陷的检测报告、处理方案、验收记录等相关资料归档至企业工程档案系统。

4.4 闭环监督与责任追溯机制

闭环监督机制应打造“多层次、全过程”监督架构,平常监督工作由内部管理机构承担,负责检查各环节执行情况,专项监督针对重大缺陷处置及关键节点展开,第三方监督指引引入外部组织从客观角度评估管理成效并提出改进意见,且在整个监督进程中要建立台账记录发现的问题及整改情况以形成监督闭环循环。责任追溯机制需明晰各环节责任主体及其界限,借助责任清单将缺陷管理各环节责任切实落实到具体部门及个人,同时制定责任追究制度,对因失职致使缺陷处理不当的行为依情节轻重给予相应处罚以保证责任有效履行。

以某供水企业管网运维为例,该企业建立上述机制,在监督方面,运维管理部门每日查看管网巡检记录、每月开展缺陷处理专项检查、每半年邀请水利专家评估闭环流程,如针对“管网泄漏”缺陷问题,监督小组察觉维修时间超规定时长3天,核查得知是维修班组配件申领延迟,便要求其整改并提交情况说明;在责任追溯方面,通过清单明确巡检人员对泄漏发现负责、维修班组对泄漏处理负责,若巡检漏检致泄漏范围扩大则扣除当月绩效,造成重大损失则追究管理责任^[5]。

以某供水企业管网运维为例,该企业建立上述机制,在监督方面,运维管理部门每日查看管网巡检记录、每月开展缺陷处理专项检查、每半年邀请水利专家评估闭环流程,如针对“管网泄漏”缺陷问题,监督小组察觉维修时间超规定时长3天,核查得知是维修班组配件申领延迟,便要求其整改并提交情况说明;在责任追溯方面,通过清单明确巡检人员对泄漏发现负责、维修班组对泄漏处理负责,若巡检漏检致泄漏范围扩大则扣除当月绩效,造成重大损失则追究管理责任^[5]。



图1 闭环处理机制实施流程图

5 结语

本文系统梳理变电站设备缺陷类型与成因,设计缺陷识别、分类分级及流程标准化的管理优化机制,构建含监督追溯的闭环处理体系,并结合实例验证其有效性。研究虽为变电站运维提供可行方案,但在智能算法深度应用方面仍有拓展空间,未来可进一步探索AI与缺陷管理的融合,助力电网运维智能化升级。

参考文献

- [1] 王智杰,贾斌,陈晓东,等.变电站附属设备缺陷分析和闭环管理系统研究[J].山东电力技术,2019,46(05):76-80.
- [2] 曹冲,张茜,杨鑫,等.变电二次设备缺陷智能监控管理服务共享平台的设计与应用[J].电力系统装备,2024,(02):8-10.
- [3] 熊泽群,严太山,储贻道,等.超特高压变电站生产准备“运检项目部”管理体系研究与应用[J].安徽电气工程职业技术学院学报,2023,28(04):25-28.
- [4] 孙金莉,李煜磊,冯凝,等.智能变电站二次设备缺陷分析专家系统的研究与应用[J].电网与清洁能源,2016,32(10):94-98.
- [5] 赵寿生,董升.基于提升变电设备缺陷管理创新机制的实施与思考[J].企业管理,2016,(S1):138-139.