

# 水电厂电气二次控制设备故障诊断与预防性维护策略研究

李焕宇

(松花江水力发电有限公司吉林白山发电厂, 吉林省 吉林市 132000)

**摘要** 水电是我国重要的用电来源, 而电气二次控制设备则是确保水电能够正常运行的重要设备。文章通过对水电厂电气二次控制设备故障诊断与预防性维护策略的研究, 阐述了电气二次控制设备的概念及其分类、二次控制设备故障的主要原因、自身因素和运行环境的影响, 并对现有的故障诊断系统的构架设计、在线监测信息分析模块和故障诊断模块进行解读, 提出了结合信息监测技术、大数据技术和人工智能技术, 对二次控制设备进行实时监测和诊断, 完成相应的预防性维护措施, 包括继电器和端子箱的定期检查与清扫。研究表明: 二次控制设备故障诊断系统能够准确、高效地检测设备故障, 提高了水电厂的运行稳定性以及安全性。

**关键词** 水电厂; 二次控制设备; 故障诊断; 预防性维护

中图分类号: TM62

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)09-0124-03

在以往的研究中, 众多学者对电气设备故障诊断方法和维护策略进行了深入探讨。现有的故障诊断技术主要包括基于信号处理、模式识别以及人工智能等方法, 应用成效显著, 但仍存在诊断精度不足、实时性差等问题。传统的维护策略主要依赖定期检修和经验判断, 缺乏科学的预防性维护体系, 且难以满足现代电力系统的高效运行需求。文章基于信息监测技术、大数据分析和人工智能技术, 提出了一种新的电气二次控制设备故障诊断与预防性维护策略。通过对设备运行状态的实时监测和数据分析, 能够超前预测故障源, 进而设计合理的维护计划, 提高设备的运行可靠性和寿命。研究结果不仅有助于提升水电厂的运行管理水平, 也为电力系统运行方面的安全稳定提供了有力保障。

## 1 电气二次控制设备的概念

电气二次控制设备(Electrical secondary control equipment)是电气系统的重要组成部分, 其主要负责

监控、调节、保护一次设备。二次控制设备大致可分为测量表计、绝缘检查装置、控制和信号装置、继电保护及自动装置、直流电源设备、高频阻波器以及综合自动化设备, 如图1所示。

## 2 电气二次控制设备故障发生原因

### 2.1 自身因素影响

水电厂内的各类二次设备, 例如, 公用设备屏(柜)、测控柜、保护屏、端子箱和继电器等设备在运行时, 势必会形成电位差吸附各类尘埃微粒(如金属尘埃、油污、灰尘等), 严重影响其正常散热, 使设备温度逐渐攀升, 而根据实践验证, 当温度上升10℃, 设备可靠性下降幅度将达到25%。

### 2.2 运行环境的影响

除设备自身影响外, 运行环境亦会对二次控制设备造成一定的影响。举例而言, 如设备处于潮湿条件下,

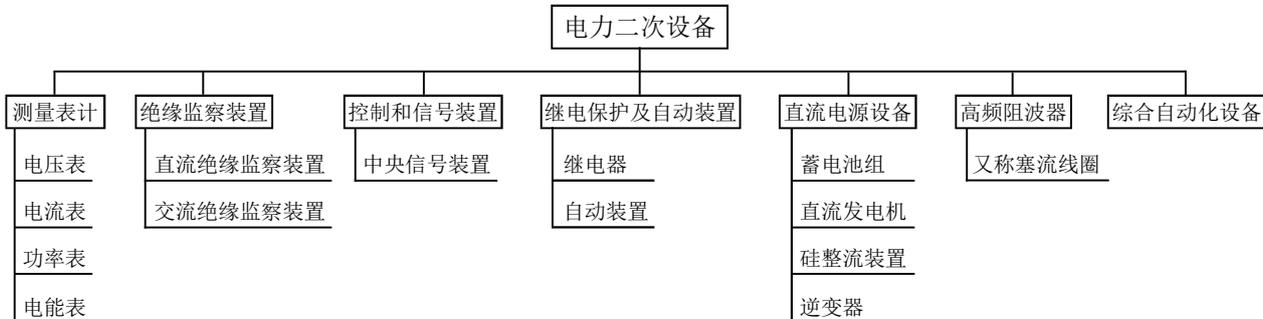


图1 电力二次设备分类

含二次控制设备上堆积的碱性污染物, 会转化为电解质, 降低绝缘电阻, 增大泄漏电流, 极易引发设备误动作、散热不良、短路等问题。

### 3 水电厂电气二次控制设备故障诊断方式

目前, 各水电厂多采用二次设备故障诊断系统进行故障诊断, 该系统是基于信息监测技术、大数据技术、人工智能技术的一种信息化检测方式, 其在运行的过程中, 能够实时检测二次控制设备的运行情况, 如果该二次控制设备存在故障, 故障诊断系统则会在第一时间发生预警(例如: 闪烁红灯或发出蜂鸣声), 并利用人工智能技术提出相应的诊断。根据实践验证, 该系统诊断准确率高达 95%, 可有效减少技术人员排查、诊断的时间, 确保水电厂运行的稳定性与安全性。因此, 受到了广泛的青睐与应用。在下文当中, 将以水电厂二次设备故障诊断系统构架设计、系统在线监测信息分析模块以及二次设备故障诊断模块为切入点, 尝试对该故障诊断方式进行分析与研究, 希望能够起到一定的参考作用。

#### 3.1 水电厂二次设备故障诊断系统构架设计

该系统架构主要由两部分构成, 即站端装置与主站系统。在系统运行的过程中, 站端接口负责对信息进行汇总、采集、过滤与整理。在二次控制设备运行的过程中, 如通信忽然出现异常问题, 诊断系统可准确、快速地做出识别, 并且将异常信息及时上传至主站系统。而主站系统则主要负责对信息进行分析与诊断。具体而言, 通过大数据比对以及人工智能分析后, 得出相对准确的诊断结果, 在 UI 界面显示。工作人员可以以诊断结果为依据, 及时采取措施, 避免问题的进一步发展而对水电站的正常运行造成不利影响。在解决问题之后, 工作人员将问题表现、问题解决方式以及影响因素上传至云端, 为未来的二次控制设备维护工作提供一定的参考。

#### 3.2 系统在线监测信息分析模块

故障诊断系统在对水电厂二次控制设备的运行状态进行监测时, 其主要监测方向有 3 个, 即保护动作信息、警告信息以及在线运行状态信息。对上述信息进行综合分析, 可以及时发现二次控制系统中存在的异常情况。

1. 在线运行状态信息。在线运行状态信息包括采样值、开关量信息以及软硬件自检信息。其中, 开关量信息与采样值包括开关量正常反应、差动电流以及设备直流电路等; 软硬件自检信息包括电源电压、二次控制装置运行温度等。在设备运行的过程当中, 系统会长时期、不间断地对其进行监控, 从而及时发现设备潜在的问题。

2. 警告信息。警告信息包括采样值、装置异常信息警告、开关异常信息警告, 其中, 装置异常警报包括闭锁警告与试点警告, 而开关量异常警告则涵盖了 GOOSE 检修不一致以及 GOOSE 链路中断等。采样值警告则涵盖了 SV 检修状态不一致、SV 链路中断、SV 品质异常以及 PT/CT 断线等。

3. 保护动作信息。保护动作信息涵盖了动作出口信息、保护动作元器件、保护启动信号等。

在系统中, 设有数据库, 其中含有各二次控制设备的正常运行状态。在检测的过程中, 上述各项信息自动上传至云端, 与正常运行状态进行对比, 如果存在异常, 则及时上传至故障诊断模块进行进一步的诊断<sup>[1]</sup>。

#### 3.3 二次控制设备故障诊断模块

##### 3.3.1 故障诊断系统的基本结构

水电站二次控制设备故障诊断模块的构成部分包括: 推理机制、人机端口、数据库以及人工智能系统。系统运行时, 由端口收集信息, 同时, 将其上传至数据库中; 人工智能系统作为对故障进行诊断的合集, 可以将事先储存的推理规则、推理算法、故障应用特征、系统知识体系、系统工作环境, 渗透至故障诊断工作中, 对系统的前因后果进行反映。并启动推理机系统, 围绕着异常/问题, 进行归纳总结, 最终得出结论, 并通过图文并茂的方式, 陈列导致事故发生的影响因素, 以及预期相对应的处理意见, 确保维护工作简单化、流程化、高效化。在此过程中, 必须予以重视的是, 人工智能技术具有自动学习功能, 在日常工作中能够自动地更新、获取二次控制设备方面的知识, 从而更好地处理相关的工作<sup>[2]</sup>。

##### 3.3.2 二次控制系统故障推理的基本步骤

二次控制系统的推理步骤如下: 第一, 利用信息化技术手段, 围绕着报警对象的实际情况, 采集整理信息, 并将此类信息与数据库中的各类故障进行比对, 通过这一方式, 可在短时间内得出事故的故障范围。第二, 通过系统内部自带的警告信息同属性搜索模式, 将同属性问题一一与现有问题进行对比, 对具体问题进行初步判断, 为之后的推理、建议奠定基础。第三, 在该系统运行的过程中, 可以依托网络拓扑结构, 将故障区域确定。并在故障区域内, 将警告对象一一排除, 直到找到故障对象为止。第四, 将该部件列入故障元件当中。第五, 利用大数据自动比对技术, 分析故障链路及装置, 找到发生问题的影响因素, 并且以此为依据, 自动生成具有一定可行性的建议, 并将其上传至系统中, 告知工作人员。但需要重视的是, 故障推理系统虽然准确率相对较高, 但依旧有发生纰漏的可能性。因此, 在实际应用的过程中, 工作人员也不宜

一味接受,而是应该结合自己的经验,对问题进行判断,从而提高推理、诊断的准确率,减少因二次返工而造成水电厂工作延误<sup>[3]</sup>。

## 4 水电厂电气二次控制设备预防性维护措施

### 4.1 继电器的预防性维护

为确保继电器能够正常运行,应每周进行一次检查,检查内容如下:(1)外观检查。主要检查继电器的外观是否完好无损,有无变形、裂纹、腐蚀等情况;(2)电气性能检测。包括继电器的额定电压、额定电流、绝缘电阻、接触电阻、动作时间、释放时间等参数的检测。其中,额定电压和额定电流是继电器的重要参数,在检测过程中需要确保其符合规定的标准;(3)动作特性检测。主要是指继电器的吸合电压、释放电压、吸合电流、释放电流等参数的检测;(4)触点电阻检测。检查继电器触点的接触电阻,以确保其符合规定的标准;(5)线圈电阻检测。检查继电器线圈的电阻,以确保其符合规定的标准。如存在问题,应将设备更换维修,并留有相关记录。

### 4.2 端子箱的预防性维护

为了确保端子箱能够正常运行,应每月进行一次清扫。常规清扫除尘方案主要采用毛刷、皮老虎、酒精或汽油等由运维人员完成定期清扫,工作量大、周期长、效率低,无法彻底清除各类综合污染物,且常规方案中多为人工处置,在方案实施环节仍存在较多局限性,如设备深层、多层、缝隙及夹角处无法有效清扫,部分设施需要停电处理等。因此,目前主要以带电清洗为主<sup>[4]</sup>。

带电清洗是近年出现应用较为广泛的维护技术,也称在线保洁维护,是指针对精密电气设备在不停电、不停止运行或阶段性断电并即时恢复工作的前提下,采用专用清洗产品和相应的技术手段,由专业技术人员依据操作规程进行清洗作业,迅速彻底地清除设备表面及深层的各种灰尘、油污、潮气、盐分、炭渍、酸碱气体等沉积污垢。该项技术目前已经在电力、通信、信息、国防等行业展开应用,清洗操作的可靠性和实用性均优于以往常规清洗<sup>[5]</sup>。

## 5 针对水电厂电气二次控制设备故障诊断与预防性维护的建议

### 5.1 夯实人才基础

无论是二次控制设备故障诊断,还是预防性维护策略,都对工作人员有较高的要求。因此,各水电厂为确保二次控制设备得以稳定的、安全的运行,应定期或不定期进行人才培养,培训内容包括但不限于水

电厂二次设备故障诊断系统的基础逻辑,定期维护的技术<sup>[6]</sup>。需要重视的是,为确保培训效果,应在培训后进行考核工作,并将最终的考核结果与员工的实际利益相关联,从而激发员工参与培训的主观能动性,起到事半功倍的培训效果。除此之外,在条件允许的前提下,水电厂可派遣员工前往相关部门进行带薪学习,提升其监控维护水平,从而打造一支高水平、高素质的专业团队,为故障诊断与日常维护工作提供充足的人才资源<sup>[7]</sup>。

### 5.2 提高诊断的针对性

不同的水电厂情况各有不同,在对二次控制设备进行故障诊断以及预防性维护的同时,应汲取国内外先进经验,结合本地区的实际情况,制定科学合理、富有针对性的诊断、维护策略,从而进一步提高诊断的准确率,满足水电站的日常应用需求<sup>[8]</sup>。

## 6 结束语

二次控制设备是水电厂电气系统的重要组成部分,其是否能够正常运行,直接关系到水电厂的发电效率。文章探索的系统,能够实时监测设备运行状态,准确诊断故障,并制定科学的预防性维护计划,提高设备的运行可靠性和延长使用寿命。鉴于此,有关部门应积极购置、采用水电厂二次设备故障诊断系统,使问题能够早发现,早解决,并定期进行日常维护,减少问题发生的概率。在未来的研究扩展方面将继续优化诊断算法和维护策略,进一步提高故障预测的准确性和维护工作的效率。

## 参考文献:

- [1] 王洪彬,李智,童晓阳,等.基于GRU的智能变电站二次设备故障定位研究[J/OL].电测与仪表,1-9[2024-05-22].
- [2] 曹海欧,吴迪,薛飞,等.基于改进BA-PNN的智能变电站二次设备故障定位方法[J].智慧电力,2024,52(04):32-39.
- [3] 汤娅美.继电保护设备电气二次回路隐患排查研究[J].电气技术与经济,2024(04):126-128.
- [4] 孙玲玲,汤智超.智能变电站二次设备检修及故障隔离措施[J].光源与照明,2024(03):63-65.
- [5] 宁占虎.变电站中的电气二次设备自动化系统设计[J].电子技术,2024,53(03):172-173.
- [6] 何瑞文,谢海骏,陆嘉亮,等.新型电力系统下电力二次系统仿真的建模方法[J/OL].上海交通大学学报,1-21[2024-05-22].
- [7] 廖明山.变电站二次设备远控辅助装置的研究[J].电工技术,2024(04):115-116.
- [8] 王朝阳.低压电气设备二次回路常见故障及维护技术的研究[J].自动化应用,2023,64(S2):62-64.