

## 水电站自动化系统中电气二次设备的运行与维护探讨

吴英英

大唐甘肃发电有限公司碧口水力发电厂, 甘肃 陇南 746412

**[摘要]**水电站逐步迈向自动化、智能化的情形之下, 电气二次设备在确保系统运行稳定且安全这起着极为重要的作用。就电气二次系统在水电站自动化系统里所处的地位及其作用展开探讨, 对其运行管理机制、维护策略还有智能化的发展趋势向展开了较为细致的探究。在归纳典型运行问题的时候, 提出了一种基于状态检修以及智能诊断的全新维护模式, 同时也对人工智能、物联网等前沿技术融入电气二次系统的途径进行了剖析。科学且规范的管理制度、精准又高效的维护手段以及先进技术的应用, 会一道促使水电站电气二次系统朝着更加高效、更加智能的方向去发展。

**[关键词]**水电站; 自动化系统; 电气二次设备; 运行; 维护

DOI: 10.33142/hst.v8i7.17108

中图分类号: TV547

文献标识码: A

### Discussion on the Operation and Maintenance of Electrical Secondary Equipment in Hydroelectric Power Station Automation System

WU Yingying

Bikou Hydropower Plant of Datang Gansu Power Generation Co., Ltd., Longnan, Gansu, 746412, China

**Abstract:** As hydropower stations gradually move towards automation and intelligence, electrical secondary equipment plays an extremely important role in ensuring stable and safe system operation. This article discusses the position and role of the electrical secondary system in the automation system of hydropower stations, and conducts a detailed exploration of its operation management mechanism, maintenance strategy, and intelligent development trend. When summarizing typical operational problems, a new maintenance mode based on condition based maintenance and intelligent diagnosis was proposed, and the integration of cutting-edge technologies such as artificial intelligence and the Internet of Things into electrical secondary systems was also analyzed. A scientific and standardized management system, precise and efficient maintenance methods, and the application of advanced technology will all contribute to the development of the electrical secondary system of hydropower stations towards greater efficiency and intelligence.

**Keywords:** hydroelectric power station; automation system; electrical secondary equipment; function; maintenance

#### 引言

随着能源结构持续调整以及电力系统自动化程度不断提升, 水电站作为清洁能源的重要载体, 其运行安全性与智能化水平越来越受到重视。电气二次系统属于自动化系统的重要组成部分, 负责对一次设备展开监测、保护以及控制等工作, 在提高系统效率以及应对突发事件方面有着关键作用。近些年来, 智能化技术的引入使得电气二次系统在运行及维护方式上不断产生变革。为了提升水电站运行的可靠性与智能化水平, 迫切需要全面分析电气二次设备的功能定位、运行管理机制以及维护策略, 并且深入探讨其未来的发展方向, 以此为水电站高效且稳定地运行给予理论方面的支撑以及实践层面的参考。

#### 1 水电站电气二次设备的基本要求

水电站电气二次设备包括励磁系统、直流供电系统、绝缘监测系统、水轮机调速系统、主变(升压)继保(轻、重瓦斯、温度、过负荷、速断等)、上网线路继保(过流、速断)等。在水电站遇到紧急情况时, 除了操作人员手动排除隐患之外, 二次设备可以控制一次设备, 是能够规避风险的电气设备。对水电站电气二次设备有以下要求: ①

质量要过关, 保证在特殊情况下能正常工作, 对一次设备进行检测和控制; ②检测数据科学高效, 保障电站运行正确数据的输入、输出及采集, 进一步对数据进行分析, 采取措施规避问题, 提高运行效率; ③能准确匹配一次设备, 保证工作效率与电气系统一体化发展。

#### 2 电气二次系统在自动化系统中的作用

电气二次系统算得上是水电站自动化系统当中的一个极为重要的构成部分。它的主要职责涵盖了诸多方面, 像是针对一次设备运行状态展开实时监测、对于故障信号给予快速的响应、精准地执行保护动作以及智能且高效地传输调节指令等等。它既能够充当实现系统自动化操作的中枢所在, 同时也是一种能够切实保障电站运行安全性和经济性的关键技术手段。借助继电保护装置、自动化控制系统以及通信与监控平台协同一致地开展运行工作, 电气二次系统完全可以在毫秒级的响应时间范围内顺利完成对电气故障的隔离以及后续的处理事宜, 如此一来便使得故障扩展的风险得到了大幅度的降低。特别是在现代水电站当中, 二次系统会通过 SCADA、PLC 等智能平台和一次设备构建起数据闭环, 从而有力地推动着系统朝着信息

化、数字化的方向不断去升级转型。在保证系统能够高效运行的这个过程当中,电气二次系统还为调度自动化、电能质量控制以及远程监控等一系列高级功能奠定了相应的技术基础,并且其在自动化系统里面所占据的地位以及所具备的功能还会随着技术的不断发展而不断地得到强化。

### 3 电气二次设备的运行管理

#### 3.1 运行状态监测与数据采集

电气二次设备的运行状态监测以及相关数据采集工作,乃是确保该设备能够长时间稳定运行的关键基础所在。就当下而言,在水电站广泛运用的 SCADA 系统以及智能传感网络给予的支持之下,能够达成对继电保护、自动控制、信号传输等一系列设备展开实时数据采集以及远程监控的目的。其运行状态数据包含了电压、电流、温度、动作次数、通信延迟等诸多不同的维度。通过针对这些数据展开归类以及建模方面的操作,不但能够清楚知晓设备的实际运行工况,而且还能够识别出潜在存在的异常发展趋势。为了促使数据的准确性以及可用性得以提升,应当选用那种精度较高且误差较低的传感器与数据采集终端,并且要构建起统一的时间同步机制以及数据标识体系。与此把边缘计算与数据清洗技术综合起来运用,以此来对所采集到的海量数据实施初步的处理以及特征提取工作,进而为后续开展的设备诊断、故障预测以及运维决策给予稳固可靠的数据支撑。

#### 3.2 典型运行问题与故障模式

电气二次设备于运行期间常常会碰到不少问题,像通信出现中断情况、产生误动作、保护功能失灵以及信号发生漂移等等。而这些问题通常是由设备逐渐老化、接线存在错误、受到环境方面的干扰、遭遇电磁干扰又或者软件逻辑方面存在缺陷等诸多因素所导致的。就好比说,在雷雨这类有着强电磁干扰的环境之下,继电保护装置极可能会出现误动作又或者是拒动的情况,进而对系统的稳定性造成影响。除此之外,接口模块出现松动、接地系统不够规范以及固件版本兼容性较差等问题同样容易致使运行出现异常状况。在典型的故障模式当中,“软故障”也就是系统软件逻辑或者配置参数方面的问题正日益变成关键的风险点,而且往往很难凭借传统的方式去发现它。要应对这些各式各样的问题,就需要构建起故障演化模型以及知识库,将运行当中常见的故障的前兆特征、诱发机制以及应对措施都进行归纳和总结,并且在运行管理环节引入依靠数据驱动的故障预测以及动态风险评估的方法,以此来提高系统的抗风险能力以及运行的稳定性。

#### 3.3 运维管理制度与技术规范

科学且系统的运维管理制度乃是保障电气二次设备运行安全的制度根基。一开始,需要制定标准化的设备运行以及检修流程,这里面包含了日常巡检、功能测试、定期校验等诸多环节,以此来保证各类设备能够一直维持在

最佳的工作状态。接着,要结合实际运行经验,去完善运维技术规程还有安全操作指南,这些规程和指南要把设备操作界面、参数设置、系统联调等关键内容都涵盖进去。与此要推行分级分类管理的方式,依据设备的重要程度以及故障风险来制定差异化的维护频次与响应策略。在这样的基础之上,还要配套建立起完整的运维台账以及数据归档系统,达成运维过程的可追溯性以及数据方面的有力支持。应当积极地引入第三方评估机制与专家审核体系,针对设备的运行状态以及维护效果展开定期的评估与改进工作,从而进一步提高运维管理的科学性以及规范化的程度。

### 4 电气二次设备的维护策略

#### 4.1 状态检修与预防性维护

状态检修属于现代设备维护的关键发展方向,其着重依据设备运行状态来展开具有针对性的检修工作。借助对动作频率、电压波动、通信质量、运行温升等关键指标数据展开实时监测的方式,能够识别出设备性能有所下降或者存在潜在故障的早期迹象,进而提前规划维护方案,防止故障突然发生。在这样的基础之上,预防性维护会通过将设备特征数据和历史故障模式加以关联分析,以此来识别潜在的风险点,并且制定出具有针对性的干预举措。比如说,对于那些长期处于运行状态但一直没有动作的保护装置,可以施行人工强制动作测试;而对于出现信号漂移趋势的传感器,则可以提前予以更换。把状态检修和预防性维护结合起来,这不但提升了维护工作的科学性以及准确性,而且对于延长设备寿命、降低运维成本也是很有帮助的。

#### 4.2 故障诊断技术与智能分析方法

随着智能技术的不断发展,电气二次设备在故障诊断方面的手段也在持续地向前发展。现代的诊断技术主要涵盖了基于专家系统的那种依靠知识来开展推理的方法、依据数据驱动所形成的故障识别模型,还有融合了多种算法的多维分析工具。专家系统把工程师的经验转变成规则库,再针对输入的信息展开逻辑推理,这种方法对于那些规则较为清晰且属于常见的故障是比较适用的。数据驱动的方法,像支持向量机、神经网络这类算法,能够借助对大量运行数据加以训练的方式,去建立起故障识别模型,进而可以对处在复杂且多源数据情况下的异常状态做出较为迅速的判别。除此之外,还可以联合频谱分析、热成像、波形对比等传统的手段,以此来构建起一种复合型的故障分析体系。凭借着这些智能分析的方法,不但能够提升故障识别的准确程度以及响应的速度,而且还能为运维策略的优化给予数据方面的基础以及决策层面的支持。

#### 4.3 紧急故障处理与系统恢复策略

面对突发故障事件,快速响应以及高效恢复的能力对于保障系统稳定运行而言极为关键。要构建起较为完备的应急预案体系,将各类紧急故障的处置流程、责任分工还

有资源调配机制都明确下来;针对像保护误动、系统死机、通信中断这类典型故障,应当制定出快速隔离、重启以及恢复的相关策略,以此来确保核心功能能够优先得到恢复。从技术层面来讲,需要借助部署冗余系统、故障自愈机制以及远程控制平台等方式,达成关键设备的“热备切换”以及“远程重构”目标。除此之外,还要着重强化对故障发生后的分析工作以及经验总结事宜,依靠对事件记录以及日志的回溯操作,去识别故障产生的根源,并且进一步完善应急策略库,持续提升系统的应急处置能力。

### 5 电气二次系统的智能化发展趋势

在新一轮能源数字化以及智能化发展的浪潮强力推动之下,电气二次系统的智能化已然变成了行业向前发展的极为重要的一个方向。以往那种传统上依靠人工来进行操作并且按照固定周期去开展维护的模式,如今正逐步地被一种全新的体系所替代,这个新体系是基于对现场情况的实时感知、借助智能方式进行决策以及依靠协同来完成控制而构建起来的。智能化的发展在设备层级方面,最开始体现为感知能力的不断加强以及边缘处理能力的持续提升;而在系统层级层面,则是要实现把多种来源的数据加以融合以及能够进行智能诊断这样的目标。通过去构建一个基于人工智能还有物联网这两者相互协同的平台,电气二次系统便可以达成“感-知-控-决”这样一个完整的闭环运行状态。与此随着像 5G、云计算、数字孪生等一系列相关技术不断地融入到其中,该系统将会拥有更高的能够对数据进行吞吐的能力以及更强的针对故障能够自我恢复的能力。在未来,电气二次系统可不仅仅只是作为自动化控制系统的一个执行终端存在,它还将进一步成为电力系统做出智慧化决策时极为重要的一项支撑模块。

#### 5.1 智能运维与远程监控技术

智能运维技术把在线监测、智能诊断以及远程调度紧密融合到一起,使得运维的效率和质量都得到了提升。在电气二次系统当中,智能运维平台能够实时去采集运行方面的数据,针对设备的健康状况展开评估,并且依据预测所得到的结果自动形成维护计划<sup>[1]</sup>。远程监控系统借助高速通信网络还有可视化平台,达成对多个站点设备进行集中管理以及远程操控的目的,在像高原、山区这类难以抵达的区域使用起来优势十分突出。通过引入智能告警、故障趋势预测以及操作日志追踪等相关功能,可以有效降低人力的投入,缩减故障恢复所需的时间,提升整体运维的响应能力。

#### 5.2 人工智能与物联网的融合应用

人工智能和物联网技术相互融合之后的应用情况。这种融合给电气二次系统带来了更为出色的感知能力、分析能力以及决策能力。当在一些关键节点去部署智能传感器的时候,该系统便能够实时地去采集多种维度的数据,并且把这些数据上传到云平台,以便集中展开分析工作<sup>[2]</sup>。

人工智能模型能够依据设备的运行特点达成自学习以及智能优化的效果,进而顺利完成像故障预测、能效分析、调控优化等一系列的任务。除此之外,在物联网架构之下,其边缘计算以及设备互联的特点,让系统拥有了更强的数据处理效率以及协同响应能力,可以满足复杂电力运行环境的相关需求。将 AI 与 IoT 融合起来所形成的智能二次系统,将会成为未来水电站自动化系统极为重要的一个发展方向。

### 5.3 电气二次系统的未来优化方向

展望未来,电气二次系统的优化会聚焦在标准化、模块化、智能化以及生态化等诸多维度上。就标准化来讲,得积极推动系统接口、通信协议还有控制逻辑朝着统一的方向去发展,以此来提高跨系统之间的兼容性以及互操作性。在模块化这一层面,要采用那种可插拔的设计方式,方便系统能够快速地完成升级并且灵活地进行扩展<sup>[3]</sup>。谈到智能化,需要持续推动算法方面的优化、数据建模工作的开展以及决策逻辑的不断进化,达成从“辅助控制”迈向“自主决策”的转变。而在生态化这个层面上,要去构建一个开放且协同的平台,把多方资源融合到一起,实现从电站单元的智能状态向着区域级智慧电力系统的拓展。通过上述这些多维度的优化路径,电气二次系统在确保电站安全运行的过程中,还会成为智慧能源体系里极为关键的一个枢纽所在。

### 6 结语

电气二次系统是水电站自动化运行的关键支撑所在,其运行状况以及维护水准直接同电站整体运行的安全性和经济性挂钩。本文全面阐述了二次系统所起的作用、运行管理情况、维护策略以及未来的发展趋势,着重指出了从传统的人工管理朝着智能化、数据化的方向去转型的重要意义。在当下能源转型和数字化建设同步推进的大背景之下,电气二次系统需要持续融入前沿的技术手段,以此来增强系统的感知能力、故障自诊断的能力以及协同控制方面的能力。在未来,打造出一个具备高可靠性、较强韧性并且能够实现可持续优化的电气二次系统,将会成为达成水电站智能化发展这一目标的关键性支撑要素。

#### [参考文献]

- [1]马愿军.水电站电气二次设备的技术改造对策[J].设备管理与维修,2021(16):85-86.
  - [2]付忠林,赵万明.水电厂电气二次设备物理仿真实训系统[J].中国水能及电气化,2021(1):52-55.
  - [3]罗红俊.浅谈白鹤滩电站电气二次设备安装调试质量控制[J].水电站机电技术,2020,43(10):27-28.
- 作者简介:吴英英(1994.8—),毕业院校:河南城建学院,所学专业:电气工程及其自动化,当前就单位:大唐甘肃发电有限公司碧口水力发电厂,职务:水电自动化检修工,职称级别:助理工程师。