

# 辅助控制系统在变电站中的应用与效能评估

余 静

四川民安易润建设工程有限公司 四川成都 610036

**摘 要：**本文深入探讨辅助控制系统在变电站中的应用与效能评估。随着电网规模的不断扩张，对变电站自动化和智能化的要求越来越高，因此，辅助控制的作用越来越突出。详细阐述其架构、功能模块及关键技术，分析在提升变电站运行安全性、可靠性、智能化水平等方面的应用效果。通过构建多维度效能评估体系，运用层次分析法与模糊综合评价法，结合实际案例，对辅助控制系统进行全面评估，得出其显著提升变电站综合效能，但仍需在智能化程度、数据处理与分析等方面持续优化的结论，为其进一步发展提供理论与实践参考。

**关键词：**辅助控制系统；变电站；效能评估

在当今的电网中，变电站是电能变换和配电的枢纽，其安全、可靠和高效的运行方式是非常重要的。随着我国电网的发展，用电负荷的增加，对变电站的自动化和智能化提出了更高的要求。在变电站自动化系统中，辅助控制系统是一个非常关键的部分，它可以对整个变电站的环境、安全、消防和设备状况等许多其他的辅助环节实施全方位的监控和智能化的管理，有效弥补了传统变电站综合自动化系统仅侧重主设备监控的不足。它对提高变电站综合运行水平，降低运行费用，提高事故防范和处置能力具有重要意义。开展变电站辅助控制系统及其性能评价研究，是推进变电站智能化升级，保证电网安全可靠运行的关键。

## 一、变电站辅助控制系统功能模块

### 1. 环境监测与控制系统模块

环境监控系统通过配置温湿度传感器、六氟化硫气体传感器和水位传感器等，实现对现场环境的温度、湿度、六氟化硫气体浓度和水位等的在线监控。在某一特定条件下，该装置会自动启动空调、通风设备、除湿机和排水泵等执行器，调整周围的温度，保证变电所设备在合适的工作条件下工作。比如，当遇到炎热的气候时，该装置会自动开启空气调节装置，使房间的气温下降，从而避免了由于过热造成的设备损伤。并将现场的环境监控信息及时上载到站控层，方便操作人员对变电站的运行情况进行远程监控。

### 2. 安防监控系统模块

该系统由视频监控、门禁管理和入侵检测等部分构成。视频监控系统采用高清晰度摄像头，对变电所设

备区、主控室、出入口等重点部位进行24小时的实时监控，同时还具有录像存储和回放功能，方便事后查阅和分析。在电力系统中，通过刷卡和指纹识别等识别手段，对变电站的进出实行了严密的控制，并保证了非经许可的人员不得随意进出。该系统利用红外对射传感器、振动传感器等装置，对变电站内外的违规侵入情况进行实时监控，当发现有人侵入时，会立刻发出声光警报，并向站控层及有关保安人员发出警报，以确保变电站的安全<sup>[1]</sup>。

### 3. 火灾报警及消防控制系统

利用感烟探测器、感温探测器等多种探测器，实现了对变电站内部存在的火灾危险的实时监控。在探测到有火情时，系统会立刻发送声、光警报，并与自动喷水灭火系统、气体灭火系统、防火卷帘等有关的灭火设施进行连接，并对其进行适当的灭火，阻止火势的扩散。另外，该系统还可以与安全监测设备进行连接，实现对火情的实时显示。

### 4. 设备状态监测系统

利用各种传感器及监控手段，对变电站中的重要装置如变压器、断路器、开关柜等重要设备的运行状态进行实时监控。比如，利用变压器油色谱在线检测装置，对其进行检测，确定其内部有无过热和放电等故障；采用开关行程监控设备，对开关动作行程、动作速度等参数进行监控，并对其力学特性进行评价。通过对装备运行状况的监控资料进行分析和处理，可以对装备进行提前报警，从而为装备进行视情维修，提升装备的可靠度和服役年限<sup>[2]</sup>。

## 二、辅助控制系统在变电站中的应用效果

### 1. 提升运行安全性

利用环境监控系统,可以对变电站内部的环境参数进行实时监控,对周围的情况进行检测和解决,防止由于外界条件造成的诸如过热、受潮等故障,减少了设备的故障率,保证了整个装置的安全性。采用保安监视系统,可以对各种非法侵入的情况进行预防,降低设备被窃或被破坏的危险,从而为变电站的安全生产提供一个有利的外在条件。防火预警与防火监控系统是指在火灾早期,对其进行检测,并对其进行有效的扑救,将其破坏程度降到最低,保证人身和设施的安全。该系统通过对装备的运行状况进行实时监控,并对其进行报警,从而可以让操作人员事先制订维修方案,并将其排除在外,防止因意外故障而导致的安全事件。

例如某220kV智能变电站通过辅助控制系统实现SF<sub>6</sub>气体泄漏的精准防控。系统在GIS设备区部署SF<sub>6</sub>/O<sub>2</sub>复合型传感器,实时监测气体浓度与氧气含量。当检测到SF<sub>6</sub>浓度超过1000ppm或氧气含量低于19.5%时,系统立即触发三级响应:自动切断该区域非必要电源,启动强制通风装置,同时在站控层发出声光报警并推送信息至运维人员手机。通过这种实时监测与联动控制机制,成功避免了因气体泄漏导致的人员中毒和设备绝缘故障,全年未发生相关安全事故。

### 2. 提高运行可靠性

辅助控制系统可以对整个变电站的设备进行全方位、实时的监控,可以在设备的工作过程中,对设备的各种异常状况进行检测,并对其进行自动监控或者遥控,从而快速地进行处置,防止由于人员的巡视和错误而造成的设备停机。在生产过程中,如果生产的产品出现高温现象,则可以通过控制制冷单元的动作来降低产品的温度,从而保证了生产的顺利进行。此外,通过对装备的长时间监测和分析,能够更好地把握装备的工作状态及工作特性,为装备的预防维修工作提供理论基础,从而提升装备的可靠性和服役年限<sup>[3]</sup>。

例如某500kV变电站在主变区域部署辅助控制系统的油温监测与冷却联动模块。系统通过光纤光栅传感器实时采集主变上层油温,采样频率达10Hz。当监测到油温升至65℃时,自动启动一组冷却器;升至75℃时,联动启动第二组冷却器;油温降至55℃时,逐步关停冗余冷却设备。该动态调节机制避免了传统固定周期启停导致的冷却不足或过度能耗问题。系统投运后,主变油温

波动幅度控制在±2℃内,全年未发生因油温异常导致的停运事件,设备平均无故障时间延长30%。

### 3. 增强智能化水平

综合运用各种现代科技,为变电站的安全生产提供了一种新的思路和方法。通过对大量运行数据的深入挖掘与智能化分析,可以对其进行自动化诊断与预测,并对其运行模式进行最优调节。例如,利用机器学习算法对设备状态数据进行学习,建立设备健康模型,根据模型预测设备的剩余使用寿命,提前安排设备更换计划。另外,该系统还可以将各子系统进行智能互联,使各子系统相互协调工作,从而大大提升了整个变电站的工作效能与智能程度。例如,当安防系统检测到非法入侵时,自动联动视频监控系统进行跟踪拍摄,并将报警信息发送至相关人员,同时启动声光报警装置进行威慑<sup>[4]</sup>。

例如某220kV变电站辅助控制系统集成AI视频分析模块,对设备区摄像头采集的图像进行实时处理。系统通过深度学习算法识别设备表计读数、绝缘子积污、刀闸位置等状态信息,准确率达98.7%。当检测到刀闸分合闸不到位或表计数据异常时,自动关联设备台账生成缺陷工单,推送至运维平台并标注缺陷位置。该机制替代了传统人工巡检的表计抄录和状态判断环节,将缺陷发现响应时间从24小时缩短至15分钟,年缺陷识别效率提升60%以上。

### 4. 降低运维成本

辅助控制系统的应用,使得变电站的运维模式从传统的定期巡检向状态监测与智能运维转变。利用该系统,可以对装备的工作状况进行及时的了解,从而避免了不必要的例行检查,减轻操作工人的工作负担和劳动强度。此外,该系统具有的故障报警能力,可以预先检测出设备存在的潜在问题,便于维护工作人员进行有目标的维护,从而减少因意外事故所带来的检修费用和断电损失。同时,通过对空调、通风等设备进行合理的控制,降低了能源消耗,进一步降低了运维成本。

例如某110kV变电站引入辅助控制系统的智能巡检与能耗优化模块。系统通过部署红外传感器与物联网终端,实现设备状态远程监测,替代传统每周2次的人工巡检。同时,依据环境温湿度数据动态调节空调、照明等设备运行策略,非工作时段自动切换节能模式。投运后,人工巡检频次降至每月1次,减少运维人员40%工作量。能耗方面,站内年用电量较之前下降22%,空调系统运行时长缩短35%。综合测算,该系统年节省人力

成本约12万元, 能耗费用降低8.6万元, 投资回收期仅14个月。

### 三、变电站辅助控制系统效能评估

#### 1. 评估指标体系构建

在对电力系统进行综合评价时, 其安全性能是第一位的。包括设备失效率、火灾事故发生率、入侵概率等。设备失效率是指该系统对装备的工作状况进行监控和防护的程度, 而在该系统中, 失效率是指该系统可以对装备存在的问题进行检测和解决, 从而保证装备的安全性。系统的可靠度是指系统的可用率和数据传输的准确性。该系统可用度是指该系统在各种工况下工作所需的总时长, 其可用度的高低表明该系统具有较好的稳定、可靠度。数据传输准确率则衡量了系统在数据传输过程中的准确性, 高精度的信息传递可以保证对整个变电站的工作状况进行精确的监控<sup>[5]</sup>。

智能水平指数是对数据分析、故障诊断和智能控制的综合评价。比如, 系统的故障预报精度, 智能链路的响应速度等。对装备的预报精度愈高, 则表明运用资料分析及处理的方法对装备的预报性能愈好; 随着各子系统之间的协作, 系统的智能连接的响应速度和智能程度都有所提高。运营费用是指设备维修费用、能耗费用等。设备维修费用是指设备的维修和维修的花费, 利用该设备进行设备的状态监控和智能化运行, 可以减少设备的维修费用。能耗费用是指在生产活动中所产生的能量的多少, 因此, 对其进行有效的监控, 可以减少能耗, 节省费用。

#### 2. 评估方法选择

层次分析法就是将一个复杂的问题进行分层, 通过两两比较确定各层次元素相对重要性的方法。在对变电站辅助控制系统进行性能评价时, 将其分为目标级、判据级和指标级三个层次。目的层次是对辅助控制的有效性进行评价; 指标层包括系统的安全性、可靠性、智能化程度和运行费用等; 评价层次是对特定评价指标的评价。通过构造评判矩阵, 求出各个评价因素的权值, 从而得出各个评价因素在评价系统中的重要程度。例如, 对于安全性和可靠性两个准则, 通过专家打分构建判断矩阵, 计算得出它们在整个评估体系中的权重。

模糊综合评价法是利用模糊数学的方法, 对受多种因素影响的事物进行综合评价。在变电站辅助控制系统效能评估中, 由于部分评估指标具有模糊性, 如智能化

程度等, 难以用精确数值表示。通过模糊综合评价法, 首先确定评价因素集和评价等级集, 评价因素集即为评估指标体系中的各项指标, 评价等级集可分为优秀、良好、中等、较差等。然后根据专家经验或实际数据, 确定各指标对不同评价等级的隶属度, 构建模糊关系矩阵。结合层次分析法确定的指标权重, 通过模糊合成运算, 得到辅助控制系统在不同评价等级下的隶属度, 从而对系统效能进行综合评价<sup>[6]</sup>。

#### 结束语

本文通过对变电站辅助控制系统的深入研究, 详细阐述了其系统架构、功能模块及关键技术。在应用方面, 辅助控制系统在提升变电站运行安全性、可靠性、智能化水平以及降低运维成本等方面取得了显著效果。通过构建科学合理的效能评估指标体系, 运用层次分析法和模糊综合评价法对其进行评估, 表明辅助控制系统能够有效提升变电站的综合效能。随着人工智能、大数据、物联网等新兴技术的不断发展, 变电站辅助控制系统将迎来更广阔的发展空间。未来, 辅助控制系统将朝着更高智能化方向发展, 通过深度学习、强化学习等人工智能技术的深度应用, 实现设备故障的精准预测与诊断、运行模式的自适应优化调整。

#### 参考文献

- [1] 李澍, 刘博群, 常宇佳, 伏坚, 胡建超. 基于边缘代理的变电站辅助设备PLC远程控制系统设计及应用[J]. 电气时代, 2025, (05): 182-185.
- [2] 吴凡. 智能变电站状态监测及辅助控制系统的设计及应用[J]. 数字技术与应用, 2024, 42(05): 226-228.
- [3] 吴宗后, 于焯, 刘思尧. 智能变电站状态监测及辅助控制系统应用[J]. 信息技术, 2024, (01): 170-175+188.
- [4] 马驰弈, 吴杰, 常政威, 熊兴中, 刘骏. 自主可控新一代变电站辅助系统联控策略研究与发展[J]. 四川电力技术, 2023, 46(05): 68-74.
- [5] 王小霞, 刘义博. 变电站智能辅助控制系统实施方案的探讨[J]. 现代工业经济和信息化, 2022, 12(09): 280-282.
- [6] 向东, 黄迪. 变电站辅助控制系统应用现状与发展趋势分析[J]. 机电信息, 2022, (04): 26-28.