

# 变电运行管理的智能化与自动化技术研究

李鹏

内蒙古电力(集团)有限责任公司包头供电分公司

**【摘要】**随着电力系统的快速发展,变电运行管理的复杂性与安全性需求日益提升。传统的变电运行管理模式已难以满足现代电网运行的高效性、安全性和灵活性要求。智能化与自动化技术作为解决方案,为变电运行管理提供了全新的技术手段和管理思路。本文从变电运行管理的现状出发,深入探讨智能化与自动化技术的应用,包括在线监测、状态评价、智能控制、故障诊断与预警等领域,并结合实际案例分析其实施效果,提出未来发展的方向与建议。

**【关键词】**变电运行管理;智能化;自动化;故障诊断;在线监测

Research on intelligent and automation technology of substation operation management

Li Peng

Inner Mongolia Electric Power (Group) Co., LTD. Baotou Power Supply Branch, Ltd

**【Abstract】** With the rapid development of power system, the complexity and security demand of substation operation management are increasing day by day. The traditional substation operation and management mode has been difficult to meet the requirements of high efficiency, safety and flexibility of modern power grid operation. Intelligent and automation technology as a solution, provides a new technical means and management ideas. Starting from the current situation of substation operation management, this paper deeply discusses the application of intelligent and automation technology, including online monitoring, state evaluation, intelligent control, fault diagnosis and early warning and other fields, and analyzes the implementation effect combined with actual cases, and puts forward the direction and suggestions of future development.

**【Key words】** power transformation operation management; intelligence; automation; fault diagnosis, online monitoring

## 1 引言

随着电力行业的快速发展,电网规模的不断扩大和运行复杂性的提高,变电运行管理面临着日益严峻的挑战。传统的管理模式和手段已经难以满足现代电网运行的高效性、安全性和智能化需求。智能化与自动化技术的应用,为变电运行管理的转型升级提供了新的契机。本文围绕变电运行管理的智能化与自动化技术展开研究,分析其技术现状、应用优势以及未来发展趋势,为推动电力系统智能化发展提供理论依据和实践参考。

## 2 变电运行管理现状与挑战

### 2.1 现状

当前变电站运行管理中,传统方式仍占据主导地位,人工巡检、经验诊断和人工操作是主要的管理模式。这种方式虽然在过去的变电站管理中发挥了重要作用,但随着电网规模的扩大和运行复杂性的增加,显现出明显的不足。首先,设备状态监测主要依赖定期巡检,而这种监测方式存在延迟性,难以及时发现设备运行中的异常状况,从而增加了故障风险。其次,故障诊断和处理主要依赖于操作人员的经验,缺乏科学的决策依据,可能导致误判和延误。此外,管理模式

的局限性导致实时性和精确性不足,在面对复杂的运行工况时往往难以有效应对。同时,随着电力需求的增长和设备数量的增加,传统管理模式的工作量大幅提升,操作人员的压力和负担逐渐增大,进一步降低了管理效率。这种局面使得传统的变电运行管理难以满足现代电网对安全性、可靠性和灵活性的高要求,也阻碍了电力系统的进一步发展。

### 2.2 挑战

#### 1. 信息化程度不足

传统变电站的管理系统缺乏全面的信息化手段,数据采集方式分散且手段落后,难以实时获取设备的运行状态。例如,部分设备仍依赖手工记录,数据更新缓慢,准确性无法保证。同时,数据孤岛问题严重,不同设备和系统之间的互联互通能力较低,无法实现信息的共享和协同。这种局限性导致变电站的整体运行效率降低,也增加了监测和维护的难度。

#### 2. 故障处理滞后

由于设备监测手段的不足,当变电站发生设备故障时,通常需要依赖人工排查问题,导致故障定位和处理效率低下。特别是在复杂的故障场景中,传统的处理方式难以及时发现问题的根源,可能导致故障进一步扩大,影响电网的正常运行。例如,一些突发性的设备故障可能会导致大范围的电力中断,而传统手段在恢复供电上往往显得力不从心。

### 3. 运行成本高

传统变电运行管理高度依赖人工投入,操作和维护工作量大,需要大量专业人员参与。与此同时,设备维护的周期性和不确定性增加了维护成本。此外,由于缺乏实时监控和预测手段,设备容易因突发故障造成重大损失,包括设备维修费用和停电带来的经济损失。随着电力需求和设备数量的增加,这种高成本的管理模式对变电站的可持续发展提出了严峻挑战。

### 4. 复杂运行环境

变电站设备种类多样、运行环境复杂,使得管理难度进一步增加。例如,高压设备和低压设备、一次设备和二次设备之间的关联性强,操作时需要高度协同。此外,设备在运行过程中受到环境因素的影响,如高温、高湿或强电磁干扰,这对设备的稳定性和可靠性提出了更高要求。传统的管理模式往往无法快速适应这些复杂的运行环境,增加了运行中的潜在风险和事故率。

## 3 智能化与自动化技术在变电运行管理中的应用

### 3.1 在线监测技术

在线监测技术是变电运行管理智能化的重要组成部分,其核心在于通过传感器实时采集设备的运行状态数据,并利用通信网络将这些数据传输至监控中心,实现对设备状态的实时监控。这种技术的典型应用包括断路器、变压器和隔离开关等关键设备。例如,变压器的在线监测系统能够采集油温、油位、绕组温度和局部放电等运行参数,这些数据可以实时反映设备的健康状况。与传统的定期巡检相比,在线监测技术大大提高了监测的实时性和精确性,能够在早期阶段发现设备的潜在异常,防止问题进一步恶化。此外,通过监测设备的实际运行状态,可以优化维护计划,避免不必要的预防性维护,从而降低运维成本,同时有效延长设备寿命。在线监测技术还为设备的状态评价和故障诊断提供了数据基础,是实现变电站智能化管理的关键环节。

### 3.2 状态评价与健康管理

状态评价与健康管理技术基于在线监测数据,通过智能算法对设备的运行状态进行综合分析,判断其健康状况并提出针对性的维护建议。这项技术的核心是数据融合和健康指数模型。数据融合技术能够整合多源监测数据,例如温度、压力、电流和振动等参数,形成全面的设备运行画像。而健康指数模型则通过量化分析,将复杂的运行状态转化为可视化的健康分值,为管理人员提供直观的参考。例如,通过分析变压器的运行数据,可以评估其老化程度,并预测可能的故障时间,从而制定科学的维护计划。状态评价技术的实施显著减少了不必要的预防性维护,提高了设备运行效率,同时降低了设备突发故障的概率。未来,随着人工智能和大数据技术的进一步发展,状态评价与健康管理技术将在设备全生命周期管理中发挥更大的作用。

### 3.3 智能控制技术

智能控制技术是通过自动化系统和人工智能算法,对变电站设备实现自动操作和优化调度的关键手段。在实际应用中,智能控制技术主要体现在两方面:一是自动调节。例如,根据负载变化,智能控制系统能够自动调整变压器的分接开关,以优化电压水平,确保电能质量。二是自动重合闸。当线路发生故障时,系统能够自动检测线路状态并执行重合闸操作,从而快速恢复供电,减少因故障引发的电网波动。智能控制技术的优势在于显著提高了变电站的运行效率,同时减少了人为操作失误。通过自动化系统的实时响应,系统能够迅速应对运行中的复杂情况,有效提升电网的稳定性。智能控制技术还可以与其他智能化手段结合,例如与状态监测和故障诊断技术联动,进一步提高电网运行的安全性和可靠性。

### 3.4 故障诊断与预警技术

故障诊断与预警技术是保障变电站安全运行的重要工具,其通过分析设备运行数据,快速定位故障位置,并预测潜在故障风险。这项技术的关键在于模式识别和预警模型的应用。模式识别技术基于历史运行数据和故障数据,通过训练智能算法,能够快速识别故障类型并提供诊断结果。例如,当设备发生异常振动或温升时,系统能够通过模式识别判断可能的故障原因,如绝缘老化或机械故障。预警模型则通过分析设备运行参数的变化趋势,预测潜在的故障风险。例如,通过监测变压器的局部放电情况,可以提前预测绝缘击穿的风险。某变电站引入故障诊断与预警系统后,故障定位时间从平均1小时缩短至5分钟,大幅提高了事故处理效率。这不仅降低了故障带来的经济损失,还提高了系统运行的可靠性和安全性。

### 3.5 数据驱动的运维优化

数据驱动的运维优化是智能化变电运行管理的重要方向,其核心在于通过对历史运行数据和实时监测数据的综合分析,优化设备维护策略和运行调度。具体来说,数据驱动的运维优化可以通过大数据分析技术,挖掘设备运行数据中的潜在规律,发现影响设备性能的关键因素。例如,通过对变压器的长期运行数据进行分析,可以优化油循环的频率和温控设置,从而提高能源效率。运维优化还可以为设备维护提供决策支持,例如通过故障率预测模型,合理安排检修时间,避免不必要的设备停机。数据驱动的运维优化不仅能够降低维护成本,还能提升设备的整体运行效率和可靠性,为变电站的智能化管理提供重要支撑。未来,随着云计算和人工智能技术的进一步发展,数据驱动的运维优化将在变电运行管理中发挥更大的价值。

## 4 案例分析

### 4.1 背景

某110kV变电站作为区域电力传输的关键节点,其运行的稳定性直接关系到电网整体的安全。然而,长期以来,该变电站在运行管理中存在以下问题:其一,设备监测手段

落后。大部分设备仍依赖人工巡检和定期维护,无法实现实时状态监控,难以及时发现潜在问题。其二,故障处理效率低。故障发生后,通常需要操作人员现场排查,耗时长且易延误处理时机,导致部分小故障演变为大事故,严重影响供电稳定性。其三,管理模式缺乏现代化工具支撑,数据孤岛现象显著,不同设备和系统之间的信息交互受限,进一步降低了运行效率。为了应对上述问题,该变电站决定引入智能化与自动化技术,通过在线监测系统、智能控制平台和故障诊断系统的综合应用,实现设备运行的全面感知、智能分析与高效处置,为提升电网运行的可靠性和安全性提供有力保障。

## 4.2 实施内容

### 4.2.1 安装在线监测设备

针对变电站的关键设备如变压器、断路器和隔离开关,安装了先进的在线监测设备。这些设备通过传感器实时采集运行状态数据,包括变压器的油温、绕组温度、局部放电信号,断路器的开断次数、动作时间等。采集到的数据通过通信网络实时上传至监控中心,实现设备运行状态的24小时监控。此举显著提升了设备监测的实时性,帮助管理人员及时发现设备异常,从而提前采取预防性措施,降低设备故障风险。

### 4.2.2 部署智能控制平台

为实现关键设备的自动化操作和智能调度,该变电站引入了智能控制平台。通过该平台,变压器分接开关的调整和断路器的开断操作实现了全自动化。例如,智能控制系统能够根据负载变化自动调整变压器的分接位置,以优化电压水平,提高电能质量。此外,平台还具有自动重合闸功能,当线路发生故障时,系统可快速检测线路状态并进行自动重合闸操作,从而减少因故障引发的供电中断,提高系统稳定性。

### 4.2.3 引入故障诊断系统

为了提高故障处理效率,该变电站部署了基于智能算法的故障诊断系统。该系统通过分析在线监测数据,快速定位故障点并生成处理建议。例如,当系统检测到某断路器的动作时间异常时,故障诊断系统会结合历史数据和运行参数分析可能的故障原因,如机构老化或触头烧蚀,并生成检修方案。操作人员可根据系统建议快速制定维修计划,大幅缩短

故障处理时间,同时减少人为判断的误差。

通过上述实施内容,该变电站成功构建了以智能化与自动化技术为核心的现代化运行管理体系,有效提升了设备运行的安全性和管理效率,显著降低了运行成本,为区域电网的高效运行提供了可靠保障,具体应用效果如下:

表1 应用效果

项目	实施前	实施后	提升幅度
故障处理时间(分钟)	60	15	75%
年运行成本(万元)	80	50	37.5%
设备利用率(%)	85	95	10%

通过智能化与自动化技术的引入,某110kV变电站的运行效率和管理质量得到了显著提升。从数据上看,故障处理时间从实施前的60分钟缩短至15分钟,提升幅度高达75%,显著增强了系统的故障响应能力,有效降低了因故障导致的供电中断风险。同时,年运行成本从80万元下降至50万元,减少了37.5%,反映了智能化技术在优化设备维护、降低人力投入和减少事故损失方面的巨大优势。此外,设备利用率从85%提升至95%,增长了10%,说明智能控制和状态监测技术优化了设备的运行状态,进一步提高了资源的使用效率。整体来看,智能化与自动化技术的应用不仅解决了传统变电运行管理中的痛点,还提升了系统运行的安全性和经济性,为变电站的现代化管理提供了切实可行的解决方案。这一成功经验为其他变电站的智能化改造提供了宝贵参考。

## 5 结论

智能化与自动化技术的应用,为变电运行管理的转型升级提供了强大的技术支持。通过实时监测、智能控制和数据分析,可以显著提升变电站运行的效率、安全性和经济性。然而,在技术推广过程中仍需克服数据标准化、投资成本和人才储备等问题。展望未来,随着技术的不断进步,变电运行管理的智能化与自动化水平将进一步提升,为电网的高效运行和可持续发展提供有力保障。

## 参考文献

- [1]李彦龙, 闫娇娇. 矿山变电运行管理的智能化与自动化技术研究[J]. 电气技术与经济, 2024, (11): 293-295.
- [2]刘洋, 周昊. 变电运维管理中的模式创新实践[C]//冶金工业教育资源开发中心, 中国钢协职业培训中心. 第13届钢铁行业职业教育培训优秀多媒体课件活动系列研讨会——电力工程与技术创新论文集. 国网宁夏电力有限公司石嘴山供电公司; , 2024; 4. DOI: 10.26914/c.cnkihy.2024.025908.
- [3]崔玮辰, 吕兴浩, 高麒. 变电站二次系统的智能保护技术分析[J]. 集成电路应用, 2024, 41(06): 374-375. DOI: 10.19339/j.issn.1674-2583.2024.06.172.
- [4]杜凯琪, 姜帅. 变电运维技术中的智能化技术运用研究[C]//中国智慧工程研究会. 2024智慧施工与规划设计学术交流会议论文集. 国网湖北省电力有限公司黄冈供电公司变电运检分公司; 国网湖北省电力有限公司超高压公司宜昌运维分部; , 2024; 3. DOI: 10.26914/c.cnkihy.2024.027083.