

变电站智能化改造方案设计与效益评估

陆克逸

广西广晟电力设计有限公司 广西 南宁 530000

摘要：随着电力系统的快速发展，传统变电站已经难以满足现代社会对电力供应高效、可靠、智能的需求。本文详细探讨了变电站智能化改造方案的设计，包括电气设备的智能化配置、运维的智能化策略，并分析了智能化改造带来的经济效益和社会效益。通过科学合理的改造方案，旨在提升变电站的运行效率，降低运维成本，增强电网的可靠性和安全性。

关键词：变电站；智能化改造；配置方案；效益

引言

智能变电站作为智能电网的重要组成部分，通过集成自动化、信息化、智能化技术，实现电力变电站的智能化、自动化、远程控制和监测。本文将从设计方案和效益评估两个维度出发，全面阐述变电站智能化改造的必要性和实施路径。

1 变电站智能化改造方案设计

1.1 电气设备的智能化配置方案

1.1.1 断路器智能化改造

针对断路器的智能化改造，首要任务是在断路器本体集成高精度、高稳定性的电子式（或称为数字式）传感器。这些传感器需具备低功耗、抗干扰能力强以及长期稳定运行的特点，以确保对断路器各项运行参数的精准采集。具体而言，传感器应能实时监测断路器的电流、电压、功率因数等电气参数，以及断路器的机械位置、动作次数、触点温度等机械状态信息。在此基础上，为断路器配置带有液晶显示屏的智能终端，该终端不仅应能直观展示断路器的实时运行状态，还应支持远程控制、参数设置、故障诊断等功能。智能终端应采用模块化设计，便于根据实际需求进行功能扩展和升级。同时，为断路器配备各类在线监测IED，如SF₆气体密度在线监测装置，该装置应能实时监测断路器内部SF₆气体的压力和密度，一旦气体泄漏或密度降低至不安全水平，立即触发报警；分合闸线圈电流在线监测装置，用于监测分合闸线圈的电流变化，判断线圈是否存在过热、短路等异常情况；断路器机械特性在线监测装置，则通过监测断路器的动作时间、速度、触点压力等机械参数，评估断路器的机械性能和使用寿命^[1]。此外，所有智能化设备均应采用标准的通信协议，实现与变电站监控系统的无缝对接，确保数据的实时传输和共享。通过智能化改造，断路器将具备自我感知、自我诊断、自

我决策的能力，从而显著提高设备运行的可靠性和安全性，为变电站的智能化运维提供有力支撑。

1.1.2 开关柜智能化改造

对于开关柜的智能化改造，核心在于集成先进的智能设备，以实现开关柜全面、精准的监控与管理。具体而言，首先在10kV/35kV开关柜及各类低压开关柜（如环网柜）中，安装保护测控智能一体化装置。该装置集成了保护、测量、控制等多种功能，能够实时监测开关柜的电流、电压、功率等电气参数，同时根据预设的保护逻辑，对开关柜进行故障保护，有效防止设备损坏和事故扩大。其次，针对开关柜内部温湿度对设备运行的影响，安装温湿智能控制系统。该系统通过高精度传感器实时监测开关柜内部的温度和湿度，一旦超出安全范围，便自动启动调节装置，如加热器、除湿机等，以维持开关柜内部环境的稳定，确保设备的正常运行。此外，对开关柜的操控机构进行智能化升级，实现智能电控装置的应用。通过安装电动操作机构、智能控制器等，实现对开关柜分合闸操作的远程控制，同时记录操作过程，为运维人员提供操作依据和故障分析数据。在智能化改造过程中，还需注重设备的集成与通信。所有智能设备应采用统一的通信协议，实现与变电站监控系统的无缝连接，确保数据的实时传输和共享。同时，利用先进的算法和数据分析技术，对收集到的数据进行处理和分析，为运维人员提供决策支持，实现开关柜的智能化运维管理。

1.1.3 状态监测系统构建方案

状态监测系统是变电站智能化改造中的重要组成部分，其目标是实现对全站设备状态的全面、实时监测。为此，需构建一套分层分布式结构的状态监测系统，该系统主要由采集传感器、状态监测IED（Intelligent Electronic Device）和监测后台三大部分组成。在采集

层,部署各类高精度、高可靠性的传感器,如温度传感器、湿度传感器、振动传感器等,这些传感器负责实时采集设备的运行状态信息。传感器需具备良好的抗干扰能力和长期稳定性,以确保数据的准确性。状态监测IED作为系统的中间层,负责接收来自传感器的数据,并进行初步的处理和分析。IED应具备强大的数据处理能力和丰富的算法库,能够实时计算设备的运行参数,判断设备状态是否正常,并及时发现潜在故障。同时,IED还需支持标准的通信协议,以便与上层监测后台进行数据传输。监测后台是状态监测系统的核心,负责收集全站所有IED上传的数据,并进行综合分析和处理。后台系统应具备强大的数据存储、查询和分析功能,能够生成各种报表和图表,为运维人员提供直观的设备状态信息。同时,后台系统还需支持远程访问和控制功能,以便电网公司的状态维修系统能够实时获取变电站的设备状态信息^[2]。通过统一的通信标准,实现各层设备之间的无缝连接和数据共享。监测系统主机作为整个系统的中心节点,负责协调各层设备的工作,确保数据的实时采集、传输和处理。同时,主机还需具备智能运动功能,能够将全站的设备状态信息远程传输至电网公司的状态维修系统,为电网调度运行提供辅助决策依据。

1.2 变电站运维的智能化方案

1.2.1 智能巡视及操作

智能巡视及操作是变电站运维智能化的重要组成部分,旨在通过智能化手段提高运维效率和准确性。首先,在智能巡视方面,应用智能一次设备及可见光、红外、传感器等多种感知终端,对变电站设备进行全方位、无死角的采集。这些感知终端应具备高精度、高灵敏度以及强大的数据处理能力,能够实时监测设备的运行状态及运行环境,如设备的温度、湿度、振动等参数,以及设备周围的环境变化。采集到的数据通过先进的算法进行处理和分析,实现自动判断设备状态及运行环境。算法应结合设备的运行历史、故障记录等信息,对设备的当前状态进行综合评估,并预测设备的未来运行趋势。一旦发现设备存在异常或潜在故障,算法应立即触发预警机制,及时通知运维人员进行处理。其次,在智能操作方面,部署程序化操作系统,实现系列化操作。该系统应根据设备的运行状态及运维需求,自动制定并执行相应的操作策略。例如,当设备温度过高时,系统应自动启动降温装置;当设备需要检修时,系统应自动规划检修路径和检修流程。通过智能巡视及操作,可以实现对变电站设备的全面、实时监测和控制,提高运维效率和准确性。同时,智能化手段的应用还可以减

少人为干预和误操作的风险,保障变电站的安全稳定运行。此外,智能巡视及操作还可以为变电站的智能化运维提供有力的数据支持和技术保障。

1.2.2 智能安防体系构建方案

智能安防是变电站运维智能化的重要保障,旨在通过先进的技术手段提升变电站的安全防护水平。具体构建方案如下:首先,按照“安全分区、网络专用、横向合理、纵向认证”的总体原则,开展网络安全防护建设。这意味着将变电站的网络划分为不同的安全区域,每个区域都采用专用的网络设备,确保网络之间的隔离和安全性。同时,通过横向的合理配置和纵向的认证机制,确保数据的完整性和保密性,防止未经授权的访问和数据泄露。其次,部署智能录波器或智能运维管理工具,这些工具能够实时监测二次系统的状态信息,并将其上送至监控中心。通过智能分析算法,这些工具能够自动识别和预警潜在的故障或异常,为运维人员提供及时的决策支持。此外,结合视频及环境监测系统,对变电站进行全方位、无死角的监控。这些系统应具备高清摄像、智能分析、异常报警等功能,能够实时监测变电站的运行环境和设备状态,确保及时发现并处理安全隐患^[3]。最后,引入变电站巡检机器人等辅助系统,实现变电站的智能化巡检。这些机器人应具备自主导航、智能识别、数据上传等功能,能够按照预设的路线和时间进行巡检,并将巡检数据实时上传至监控中心。通过机器人巡检,可以大大提高巡检效率和准确性,降低人工巡检的风险和成本。

2 变电站智能化改造的效益评估

2.1 经济效益

2.1.1 提高电力系统运行效率

智能变电站采用先进的监控和控制技术,能够实现对电力系统运行状态的实时监测和精确调节。这种实时性和精确性不仅有助于及时发现并处理设备故障,还能根据系统需求优化电力分配,从而提高电力系统的整体运行效率。减少不必要的电力损耗,意味着更多的电力能够有效地传输到终端用户,这不仅提升了电力供应的质量,还降低了运营成本,为电力公司带来直接的经济效益。

2.1.2 减少维护成本和停电损失

智能变电站配备的先进故障诊断系统,能够基于大数据分析和机器学习算法,提前预测设备可能出现的问题,并进行预防性维护。这种预测性维护策略大大减少了设备故障的发生频率,降低了因故障导致的维护成本。同时,当故障发生时,智能变电站能够迅速响应,

通过自动化手段快速定位并处理故障,从而显著减少停电时间。停电时间的减少意味着电力供应的中断次数和持续时间都得到有效控制,这直接降低了因停电造成的经济损失,包括生产中断、设备损坏、客户满意度下降等方面的损失。

2.1.3 延长设备使用寿命

智能变电站通过智能化的监测和维护手段,能够持续优化和调整设备的运行状态,确保设备在最佳工况下运行。这种精细化的管理有助于减少设备的磨损和老化,从而延长设备的使用寿命。设备使用寿命的延长意味着电力公司可以减少设备更换的频率,降低了因设备更新而产生的资本支出。从长期来看,这具有显著的经济效益,因为设备更换是一项巨大的投资,而延长设备使用寿命则能够节省这笔开支,为电力公司带来持续的利润增长。

2.2 社会效益

2.2.1 提升电力系统的可靠性和安全性

智能变电站利用尖端的自动化和信息技术,实现了对电力系统全链条、全方位的监控和智能调度。这种高度集成的智能化管理体系,不仅大幅提升了电力系统的响应速度和调节精度,还显著增强了系统的稳定性和安全性。在遭遇极端天气、突发事件或电网故障时,智能变电站能够迅速识别问题源头,自动调整运行策略,确保电力供应的连续性和稳定性,从而有效避免或减轻大规模停电对社会和经济的影响^[4]。这对于维护社会秩序、保障人民生活、支撑经济发展都具有不可估量的价值。

2.2.2 促进环境保护和可持续发展

智能变电站的高效运行是实现能源节约和环境保护的重要途径。通过精确监控和智能调度,智能变电站能够最大限度地减少电力在传输和分配过程中的损耗,提高能源利用效率。这不仅有助于降低发电厂的碳排放和环境污染,还促进了能源的可持续利用。同时,智能变电站对可再生能源的友好接入和高效利用,如太阳能、风能等,为绿色能源的发展提供了有力支持。这有助于

推动能源结构的优化升级,促进经济的绿色转型和可持续发展。

2.2.3 推动科技进步和创新

智能变电站的研发和运营需要多学科、多领域的交叉融合,包括电力系统、自动化控制、数据分析、人工智能等。因此,智能变电站的建设和发展不仅促进了这些领域专业技术人才的培养和成长,还推动了相关技术的创新和突破。智能变电站作为电力行业智能化的先锋,其成功实践为其他行业的智能化改造提供了宝贵的经验和启示。此外,智能变电站还通过不断引入新技术、新设备、新理念,推动了电力行业的技术革新和产业升级,为整个社会的进步和发展注入了新的活力。同时,智能变电站的建设和运营也促进了产业链上下游企业的协同发展,推动了相关产业的繁荣和壮大。

结语

变电站智能化改造是电力行业智能化转型的重要一环。通过科学合理的改造方案,实现电气设备的智能化配置和运维的智能化管理,能够显著提升电力系统的运行效率,降低运维成本,增强电网的可靠性和安全性。同时,智能化改造还带来显著的社会效益,促进环境保护和可持续发展,推动科技进步和创新。未来,随着技术的不断进步和应用场景的不断拓展,变电站智能化改造将在电力行业发挥更加重要的作用。

参考文献

- [1]张培新,黄璐璐,吕亮亮,等.常规变电站智能化技术改造方案分析[J].造纸装备及材料,2022,51(10):97-99.
- [2]王志强,孙晓.物联网技术在变电站智能化改造中的应用[J].集成电路应用,2023,40(11):300-301.
- [3]于伟峰,杜昊岩.变电站智能化改造及运维研究[J].电子技术与软件工程,2021,(06):226-227.
- [4]谷振梅.浅谈物联网技术在变电站智能化改造上的应用[C]//天津市电子学会,天津市仪器仪表学会.第三十四届中国(天津)2020'IT、网络、信息技术、电子、仪器仪表创新学术会议论文集.天津吉诺科技有限公司,2020:4.