

# 无人值班变电站的规划与设计研究

郭佳乐

内蒙古电力(集团)有限责任公司 包头供电公司 内蒙古包头市 014030

**【摘要】**随着电力行业对智能化、自动化水平的不断提升,无人值班变电站(UHF)成为提高电力系统效率、可靠性和安全性的关键技术手段。本文从无人值班变电站的规划与设计出发,探讨了其核心技术要求,包括自动化与远程监控系统的设计、安全性与可靠性要求,以及智能化与数据分析应用。文中通过详细分析无人值班变电站的系统架构设计、设备选择、数据采集与传输等关键技术,提出了实现其高效运行的可行方案。通过案例分析,展示了无人值班变电站在实际建设中的规划与设计过程,为未来电力系统的智能化转型提供了有力支持。

**【关键词】**无人值班变电站; 自动化; 智能化; 数据分析

Research on Planning and Design of Unmanned Substation

Guo Jiale

Inner Mongolia Power (Group) Co., Ltd. Baotou Power Supply Company Baotou City, Inner Mongolia 014030

**【Abstract】** With the continuous improvement of intelligence and automation level in the power industry, unmanned substations (UHF) have become a key technical means to improve the efficiency, reliability, and safety of the power system. Starting from the planning and design of unmanned substations, this article explores their core technical requirements, including the design of automation and remote monitoring systems, safety and reliability requirements, as well as intelligent and data analysis applications. The article provides a detailed analysis of key technologies such as system architecture design, equipment selection, data acquisition and transmission for unmanned substations, and proposes feasible solutions to achieve their efficient operation. Through case analysis, the planning and design process of unmanned substations in actual construction is demonstrated, providing strong support for the intelligent transformation of future power systems.

**【Key words】** unmanned substation; Automation; Intelligentization; Data analysis

## 引言

随着电力行业的迅速发展,传统的变电站运营方式面临着越来越高的自动化、智能化需求。无人值班变电站(UHF)的概念应运而生,旨在通过先进的自动化技术、远程监控、智能控制等手段,实现变电站的无人值守运行。这不仅能大幅提高电力系统的运行效率,还能降低人工成本,提高系统的可靠性和安全性。无人值班变电站的建设是电力现代化建设的重要环节,尤其在电力负荷较为分散的地区,适合通过无人值班变电站来满足电力供应和调度的需要<sup>[1]</sup>。本文将详细探讨无人值班变电站的规划与设计要求,分析其技术特点、实施策略及未来发展趋势。

## 1 无人值班变电站规划与设计的基本要求

### 1.1 自动化与远程监控系统设计

无人值班变电站的核心在于自动化与远程监控系统。首先,自动化设备需要满足高度自主运行的要求,能够自动完成开关操作、设备状态监控及故障自诊断等任务。远程监控系统则需要实现对变电站的实时数据采集、远程操作控制以

及远程报警等功能。这要求设计师必须选用具备高可靠性、高稳定性的硬件设备,如PLC、RTU(远程终端单元)等,以及能适应恶劣环境的传感器设备<sup>[2]</sup>。为了保证系统的高效性,还应考虑冗余设计,避免因设备故障导致的系统瘫痪。设计时,通讯网络的选择至关重要,应选用可靠的通信协议和网络架构,以保证变电站的所有设备和远程监控中心之间的实时信息传输无误。此外,智能化的调度系统需要能够自动优化电力流向,实现负荷的智能平衡。

### 1.2 安全性与可靠性要求

无人值班变电站的安全性和可靠性是其设计过程中必须优先考虑的关键要素。首先,变电站应具备完整的设备安全保护机制,能够应对突发故障并及时采取应急措施。自动化监控系统需要能够在设备出现异常时自动发出警报,并通过远程控制设备实现故障隔离,防止故障的蔓延<sup>[3]</sup>。对于外部环境因素,如雷电、火灾、地震等,应设计相应的防护措施,如避雷装置、消防设施、地震监测等。此外,为了提高系统的可靠性,应当实行冗余设计,特别是在关键设备(如供电系统、通讯链路等)上采用双重或多重备份,确保出现故障时不会影响整体运行。系统的容错性也需考虑,要求其能够在部分设备故障的情况下依然维持稳定运行,减少对电力供应的影响。

### 1.3 智能化与数据分析应用

无人值班变电站不仅仅依赖自动化设备和远程控制系统，还需要结合现代信息技术，尤其是大数据、云计算和人工智能技术，提升运行管理的智能化水平。通过部署大数据采集与分析系统，能够实时监测变电站各类设备的运行数据，并根据设备状态及历史数据进行预测性维护，降低突发故障的发生率。智能算法可以在数据分析基础上实现设备的故障预警、运行优化和资源调配等功能，从而大幅提升变电站的运营效率<sup>[4]</sup>。此外，数据的采集和存储不仅可以支持日常运营，还能为后续的系统优化提供重要依据。设计时，需考虑数据的存储、处理和安全保护问题，确保数据的准确性和隐私性，防止因数据泄露或丢失带来的安全风险。智能化系统的应用不仅提高了无人值班变电站的自动化程度，也增强了其对外部环境变化的适应能力，进一步提升了电力系统的稳定性和供电可靠性。

## 2 无人值班变电站规划与设计整体思路

### 2.1 系统架构设计与集成

无人值班变电站的规划与设计应首先从系统架构入手，确保各个子系统的集成与协同工作。系统架构设计需要充分考虑自动化、监控、通信、保护、调度等多方面的需求，保证每一部分系统在协同工作时的稳定性与可靠性。首先，设计应考虑采用分布式架构，其中各个设备和控制系统可以独立运行，但又能通过通讯网络实现数据共享与远程监控。自动化控制系统、监控系统与保护系统之间应实现高度集成，通过统一的网络平台进行数据交换与指令传递。为此，变电站应具备强大的计算和处理能力，能够处理实时数据并快速响应。在设计时，考虑到现代变电站对信息化、智能化的需求，架构中应包括云计算平台、大数据分析平台等，用于存储和处理海量数据，支持实时决策和故障预警。此外，系统架构需要具备扩展性，以便未来根据技术发展或运营需求的变化进行升级与扩展。

### 2.2 设备选择与技术创新

无人值班变电站的规划与设计，设备选择是至关重要的环节。为了确保变电站的自动化程度和远程操作的可靠性，所选设备不仅需要具备先进的技术，还应考虑到设备的高稳定性、长寿命以及对极端工作环境的适应能力。首先，在变电站的主要设备（如变压器、开关设备、保护设备）方面，选择符合最新国际标准和国内行业规范的设备至关重要。特别是开关设备应具备远程控制功能，能够在没有人工干预的情况下执行自动化操作。保护设备则需具备自动检测和故障自诊断能力，能够准确识别和隔离故障，保证电力系统的稳定运行。智能化设备也是设计中不可或缺的部分，比如通过传感器与智能终端设备，实时获取电气设备的运行状态、温度、湿度等数据，进行实时监测，并及时进行故障报警与维护提示。

随着技术的不断进步，变电站设计中也应积极引入创新

技术。例如，人工智能（AI）技术可以帮助变电站在自动化控制、故障诊断、设备预测性维护等方面发挥更大作用。AI通过对历史数据的学习，能够实时监控设备运行状态，分析设备的潜在故障，并提前发出警报，进行维护。无人机巡检技术也在无人值班变电站中得到了越来越广泛的应用，借助无人机对变电站设备进行定期巡检，能够提高检修效率并减少人工成本<sup>[5]</sup>。此外，自动化变电站的设计还应注重智能电网的建设，通过智能化的调度和电力流向控制，提高电网的运行效率和稳定性。

### 2.3 数据采集与信息传输

数据采集和信息传输是无人值班变电站设计中的核心部分。随着变电站自动化程度的提高，数据量和信息流的复杂性也在不断增加，因此，必须确保系统能够高效、准确地采集和传输各种运行数据，包括设备状态、电压、电流、温度、湿度等参数。设计时，首先要选择合适的传感器和测量设备，确保数据的准确性和实时性。传感器不仅要具备高精度，还要具备抗干扰能力，以应对电磁环境等因素的影响。

信息传输的架构设计同样至关重要。传统的通信方式如光纤、微波等在变电站设计中仍然发挥着重要作用，但随着5G、物联网（IoT）等技术的不断发展，新的通信技术逐渐进入变电站的设计范畴。为了实现高速、大容量、低延迟的实时数据传输，设计中可以考虑采用5G网络技术。通过5G技术，变电站能够实现更广泛范围内的数据传输，特别是对于远程监控和大数据分析而言，具有显著优势。此外，为了保障数据传输的稳定性和安全性，还需要采用先进的网络安全技术，确保数据在传输过程中不被篡改或泄漏。

数据采集和信息传输不仅是实现无人值班的重要手段，还能够为变电站的智能化管理提供数据支持。通过大数据分析平台，可以对设备运行状态进行长期数据跟踪，识别潜在的故障隐患，优化设备的运行策略和维护计划，从而提高变电站的管理效率和故障预防能力。数据传输的可靠性、稳定性和安全性，也直接决定了变电站系统的整体性能和安全保障能力。

## 3 案例分析

### 3.1 无人值班变电站规划方案

无人值班变电站的规划是整个项目的基础，决定了变电站的自动化、智能化和远程控制能力。在规划过程中，需要根据电网的运行要求、设备选择、运行环境等因素，制定详细的技术路线和系统架构设计。以下是一个典型的无人值班变电站规划方案。

首先，规划应考虑变电站的功能定位及其所处的电力系统位置。在远离市区或电力负荷较为分散的区域，采用无人值班变电站能够减少运维成本并提高系统可靠性。规划中需要明确变电站的供电区域，确保设计方案符合该区域电力需求，并且满足电网调度和负荷平衡的要求。为此，设计团队需要进行负荷分析，确定变电站的容量、电压等级及保护设

置,确保其在长时间无人值守的情况下仍能满足电力供应的稳定性。

在设备选择方面,规划方案应选用符合最新技术标准的自动化设备,如智能开关、智能传感器、变电站自动化控制系统(SCADA)、远程终端单元(RTU)等,以确保系统的可靠性和扩展性。此外,还需结合实际运行需求,考虑冗余设计,特别是在变电站的电力供应、通信链路、数据存储等关键部位,保证系统在发生单点故障时仍能稳定运行。通过优化设备布局和功能分配,能够实现设备的集中管理与远程控制,大大降低人工干预的需求。

在数据传输和通讯方面,规划中需要选择稳定、快速、具备高抗干扰能力的通讯网络。可以选用光纤、无线网络等技术实现变电站与调度中心、远程监控中心之间的数据传输。同时,设计时应考虑防止通信中断的冗余机制,确保数据传输的稳定性。

此外,规划方案还需要考虑环境保护与安全防护措施,保证变电站在恶劣天气、自然灾害等突发情况下的安全性。这包括选址时避免极端天气影响、配置适当的防雷、抗震设施等。最后,规划方案还需要考虑后期的可扩展性和技术升级的可能性,以适应未来电力行业的发展需求。

### 3.2 无人值班变电站设计方案

在详细设计方案阶段,具体的设备选型、系统集成和实施步骤将进一步明确。在这一阶段,无人值班变电站的自动化控制、数据采集与传输、设备保护与故障诊断等核心技术将被具体化和精细化。

首先,变电站的自动化控制系统(SCADA)设计是关键。系统需能够实现对变电站内所有设备的实时监控与远程操作控制。通过智能传感器和PLC控制器,对变压器、断路器、隔离开关等设备进行监测与调节。为了提高设备的自动化程度,每个设备都应具备自诊断能力,可以在出现异常时自动发出警报并执行预定的保护动作,如断开故障线路,保持系统稳定。设计中应考虑到网络延迟、带宽和安全性,选用符合标准的工业协议,如Modbus、DNP3、IEC61850等,实现各设备之间的数据交换与控制指令传递。

在数据采集与传输方面,设计方案应确保变电站数据能够实时、稳定地上传至远程监控中心。除了传统的光纤传输外,设计中还可考虑5G通信技术,特别是在距离较远或覆盖较广的区域,5G能提供高速、低延迟的通讯能力。变电

站的数据包括电气参数(如电压、电流)、设备状态、环境监测数据(如温湿度、震动等),这些信息通过高精度传感器实时采集并传输至中央控制系统。数据传输过程中,应对数据进行加密,确保通信的安全性。

保护系统设计中,设备需要具备高度的灵敏性和快速响应能力。设计时,保护装置应能够监测并判断设备的运行状态,若出现短路、过载、过压等故障,保护装置会自动启动并切断故障回路,避免事故扩展。为提高可靠性,设计应采取多级保护方案,即初级保护由继电器完成,次级保护则依靠智能设备的自检与报警功能。此外,设计时还应考虑设备的“健康管理”,即通过实时监控设备的状态并根据预设的维护周期,提前进行预测性维护,避免因设备老化或损坏导致的故障。

能源供应和应急备用设计也是关键部分。无人值班变电站的能源供应系统应设计为双路供电,并配置可靠的备用电源(如UPS、柴油发电机等),确保在主供电断电的情况下,能保持系统稳定运行。同时,备份系统也需要具备远程监控功能,保证维护人员能够实时掌握备用电源的运行状态。

最后,设计方案中还应包括对变电站各项设备的物理安全保护设计。例如,视频监控系统可以实时监控变电站区域,确保现场安全;同时,安全门禁系统及监控设备可以防止未经授权的人员进入,避免潜在的安全风险。

## 4 结束语

无人值班变电站代表了电力系统智能化发展的趋势,具有显著的优势,包括降低运维成本、提高系统稳定性、减少人工干预等。通过本篇文章的分析,我们可以看到,无人值班变电站的规划与设计不仅依赖于高效的自动化控制系统,还需要依托先进的通信技术、智能化数据处理和可靠的安全机制。在未来,随着技术的进一步发展和应用,无人值班变电站将越来越多地走向实际运营,成为提升电力系统效率和应对日益复杂电网环境的重要手段。通过不断优化技术方案和提高系统的可靠性,无人值班变电站将为电力行业的智能化转型提供坚实基础,推动电力系统向更加高效、安全和可持续发展的方向发展。

## 参考文献

- [1]于来福.无人值班变电站的发展与展望[J].大众用电,2018,32(04):23-24.
- [2]罗辉.无人值班变电站管理存在的问题及完善措施[J].科技与企业,2015,(13):49.
- [3]卢峭峰.无人值班变电站管理存在的问题及对策[J].科技与创新,2014,(09):94-95.
- [4]潘文清.对无人值班变电站设计的思考[J].企业技术开发,2013,32(11):120+133.
- [5]熊茜,唐睿.无人值班变电站运行管理模式现状分析及发展探讨[J].四川电力技术,2011,34(01):74-76.