

供配电系统在水厂水泵站的优化设计研究

赵延红

天津水务集团华森规划勘测设计研究院有限公司 天津 300220

摘要: 水厂水泵站供配电系统的高效稳定运行, 对保障城市供水安全与质量意义重大。当前, 设备老化、能耗过高、自动化水平低等问题制约着系统性能。通过更新升级供配电设备、优化节能控制、提升自动化程度以及完善继电保护与防雷接地系统等优化设计策略, 可有效增强系统可靠性、降低能耗、提高管理效率, 为水厂水泵站的安全稳定运行与可持续发展提供有力支撑, 对推动城市供水行业技术进步具有重要实践价值。

关键词: 供配电系统; 水厂水泵站; 优化设计

引言

水厂水泵站作为城市供水的核心枢纽, 其供配电系统的运行状态直接影响供水质量与效率。然而, 实际运行中, 设备老化导致可靠性下降, 能耗居高不下造成资源浪费, 自动化程度不足限制了运维管理水平提升。这些问题不仅增加运行成本, 还对供水安全构成潜在威胁。本文聚焦水厂水泵站供配电系统现存问题, 深入研究优化设计策略, 旨在提升系统综合性能, 为城市供水的稳定运行提供科学解决方案。

1 水厂水泵站供配电系统概述

水厂水泵站供配电系统作为水厂运行的核心动力枢纽, 承担着将电能安全、可靠、高效输送至水泵及各类用电设备的关键任务, 直接关系到整个水厂的供水稳定性与连续性。其架构涵盖多个层级, 从外部高压电源接入开始, 经过一系列变配电设备的转换与调控, 最终将适配的电能分配至水泵机组等终端负载。在电源接入环节, 水厂水泵站通常采用双回路供电模式, 通过两路独立的高压线路引入电源, 这种设计极大提升了系统的供电可靠性。即使其中一路电源因故障中断, 另一路电源可迅速承担全部负荷, 保障水泵持续运转。高压电源接入后, 进入变电站进行电压变换, 通过变压器将高压电降至适合水泵及站内其他设备使用的电压等级, 一般包括中压和低压两个层级。中压系统主要为大功率水泵电机供电, 而低压系统则负责照明、控制系统、辅助设备用电需求。站内的配电设备如开关柜、配电柜等, 不仅承担着电能分配的任务, 还具备完善的保护功能。各类断路器、熔断器、继电器等元件协同工作, 实时监测系统电流、电压、温度等参数, 一旦出现过载、短路、漏电等异常情况, 能够迅速切断电路, 避免设备损坏和事故扩大。供配电系统还配备有功率因数补偿装置, 通过投入或切除电容组, 调整系统的无功功率, 提高功率

因数, 降低线路损耗, 提升电能利用效率。自动化控制系统在现代水厂水泵站供配电系统中占据重要地位。借助传感器、智能仪表等设备实时采集系统运行数据, 并传输至监控中心, 工作人员可远程监控系统运行状态, 实现对开关设备的远程控制、故障预警与诊断等功能。这种智能化管理方式不仅提高了运维效率, 还降低了人工操作风险, 确保供配电系统稳定、高效运行。

2 供配电系统在水厂水泵站的现存问题分析

2.1 设备老化与可靠性不足

水厂水泵站供配电系统中, 变压器、断路器、隔离开关等核心设备长期处于连续运行状态, 随着服役年限增加, 设备老化问题日益凸显。变压器长期承受电磁、热及机械应力, 其内部绝缘材料逐渐老化, 绝缘电阻下降, 局部放电现象频发, 不仅降低电能传输效率, 更可能引发匝间短路, 导致变压器烧毁。断路器的触头在频繁分合闸操作中不断磨损, 灭弧室性能衰退, 当发生短路故障时, 无法及时切断故障电流, 致使故障范围扩大。隔离开关的导电接触面因氧化、腐蚀产生接触电阻增大问题, 运行时发热严重, 甚至造成接触点熔焊, 影响正常倒闸操作。设备老化还导致保护装置误动、拒动现象增多。继电器等传统保护元件因内部机械结构磨损、电子元件性能漂移, 对故障信号的检测和响应能力下降, 在正常运行工况下可能误触发保护动作, 造成不必要的停电; 在真正发生短路、过载等故障时, 又可能无法及时动作, 无法有效隔离故障, 严重威胁供配电系统安全稳定运行。老旧设备缺乏完善的在线监测手段, 运维人员难以实时掌握设备运行状态, 只能依靠定期巡检, 但这种方式无法捕捉设备的突发故障隐患, 增加了设备故障的不可预测性。随着水厂供水规模扩大, 对供配电系统可靠性要求不断提高, 这些老化设备已难以满足稳定供电需求, 频繁的设备故障不仅影响水厂正常生

产,还会增加维修成本和维修人员的工作负担^[1]。

2.2 能耗过高

水厂水泵站供配电系统能耗过高问题,体现在多个环节。从变压器损耗来看,部分水厂仍在使用高耗能的老旧变压器,这类变压器采用的硅钢片材质和制造工艺落后,空载损耗和负载损耗明显高于新型节能变压器。在长期运行过程中,大量电能以热能形式损耗,降低了电能利用率。若变压器容量选型不合理,与实际负荷不匹配,在轻载或过载运行时,会进一步加剧损耗。当变压器处于轻载状态,空载损耗占比增大;而过载运行时,负载损耗急剧上升,导致整体运行效率下降。供配电线路损耗也是能耗过高的的重要因素。水厂水泵站内部线路分布复杂,部分线路由于敷设时间长,绝缘层老化破损,存在漏电现象,造成电能损失。线路截面选择不当,电阻过大,在传输电能过程中产生较大的线路压降和功率损耗。尤其是在长距离输电线路中,这种损耗更为明显。水泵电机作为水厂的主要用电设备,其运行效率对能耗影响巨大。许多水厂的水泵电机仍采用传统的定速运行方式,无法根据实际供水需求调整转速。在用水低谷期,水泵依然保持满负荷运行,造成大量电能浪费。电机长期处于低效运行区间,自身损耗增加,进一步加剧了整个供配电系统的能耗。加之无功补偿不足,系统中存在大量感性负载,导致功率因数偏低,使得电网需要提供更多的无功功率,增加了输电线路和变压器的损耗,进一步推高了能耗水平。

2.3 自动化程度低

当前水厂水泵站供配电系统自动化程度低,主要表现在数据监测与控制的滞后性。大部分水厂仍依赖人工巡检获取设备运行数据,如电压、电流、温度等参数,这种方式不仅效率低下,而且数据采集频率低,无法实时反映设备运行状态。当设备出现异常时,人工巡检难以第一时间发现,导致故障处理延迟,影响供水稳定性。在控制方面,水泵的启停、运行频率调节等操作多采用人工手动控制,操作人员需根据经验判断供水需求,进行现场操作,无法实现精准控制。这种控制方式无法及时响应用水需求的变化,容易造成供水不足或供水量过剩的情况,同时也增加了操作人员的劳动强度。自动化程度低还体现在缺乏系统的智能化管理手段。供配电系统各设备之间缺乏有效的信息交互和协同控制,无法实现整体优化运行。例如,变压器、断路器、水泵等设备独立运行,无法根据负荷变化自动调整运行参数,无法实现设备间的协调配合,降低了系统运行效率。由于缺乏自动化故障诊断和预警功能,当供配电系

统发生故障时,无法快速定位故障点,只能依靠人工逐一排查,延长了故障修复时间。对于一些潜在故障隐患,无法提前预警,难以采取预防性维护措施,增加了设备故障风险。在信息化时代,水厂供配电系统自动化程度低已成为制约水厂智能化发展的瓶颈,难以满足现代供水系统对高效、稳定、可靠运行的要求^[2]。

3 供配电系统在水厂水泵站的优化设计策略

3.1 更新升级供配电设备

(1)在水厂水泵站供配电系统中,变压器作为核心设备,其性能直接影响电能传输效率。采用低损耗、高阻抗的非晶合金变压器,通过改进磁路设计与铁芯材料,可大幅降低空载损耗与负载损耗,减少运行过程中的电能浪费。选用适配水泵站负荷特性的变压器容量,避免因容量过大导致的“大马拉小车”现象,或容量过小造成的过载运行,保障变压器始终处于高效运行区间。(2)高压开关柜的更新对供配电系统稳定性意义重大。选用真空断路器替代老旧的少油断路器,利用真空灭弧技术,提升开关的开断能力与可靠性,缩短故障响应时间。优化开关柜内部结构设计,增强绝缘性能与散热能力,降低局部过热风险。配合智能操控装置,实现开关状态的实时监测与远程控制,为系统安全运行提供有力保障。(3)供配电线路的升级改造是提升系统性能的关键环节。采用新型绝缘材料的电缆,增强线路绝缘性能,减少漏电损耗与短路故障发生概率。根据水泵站实际用电需求,合理选择导线截面,降低线路电阻,减少电能在线路传输过程中的损耗。优化线路布局,减少迂回路径,缩短供电距离,提高电能传输效率,保障供电质量。

3.2 优化系统节能控制

(1)变频调速技术在水厂水泵站节能控制中发挥着重要作用。通过安装变频器,实时监测水泵的运行工况,根据用水量变化自动调节电机转速,使水泵运行工况与实际需求精准匹配。相较于传统的阀门调节方式,变频调速避免了因阀门节流造成的能量损耗,可显著降低水泵运行能耗,尤其在用水负荷波动较大的工况下,节能效果更为明显。(2)功率因数补偿装置的合理配置能够有效提高供配电系统的电能利用效率。在水泵站低压配电系统中安装智能型无功补偿装置,实时监测系统无功功率需求,自动投切电容器组进行无功补偿,将功率因数提升至接近1的水平。如在某水厂的配电系统设计中,采用了集中无功补偿与分散无功补偿相结合的配电方式,既解决了变压器损耗对电网的影响,又减少了厂内供电系统因无功功率过大导致的线路损耗增加,

对节能降耗起到了很好的作用,同时提升供电系统的稳定性与可靠性。(3)引入智慧电气管理系统,对水泵站供配电系统的电气设备进行全面采集与深度分析。通过部署多功能智能电表、智能开关、各种传感器等设备,实时获取变压器、各用电设备的电量、电压、电流等参数,利用大数据分析技术,对电气设备的生命运行周期进行分析判断其工作性能,挖掘潜在的节能空间。结合水泵站的运行规律与用水需求预测,制定最优的节能运行策略,实现能源的精细化管理,最大限度降低系统能耗^[3]。

3.3 提高自动化水平

(1)构建供配电系统自动化监控平台,整合各类电力设备的运行数据。利用分布式控制系统(DCS)或可编程逻辑控制器(PLC),实现对变压器、开关柜、水泵电机等设备的实时监测与远程控制。通过设置各类运行参数阈值,当设备运行状态异常时,系统自动发出报警信号,并采取相应的保护措施,提高故障处理的及时性与准确性,减少人工巡检的工作量与人为误判风险。

(2)采用智能化的电力仪表与传感器,提升数据采集的精度与实时性。具备通信功能的智能电表可将电量数据、电能质量参数等信息通过网络上传至监控平台,实现数据的集中管理与分析。压力、流量传感器实时监测水泵出水压力与流量,为系统的自动化控制提供准确的反馈信息,确保水泵运行工况的稳定与优化。(3)开发供配电系统的自动化运行程序,实现设备的自动启停与联动控制。根据用水需求曲线与电力负荷情况,制定合理的设备运行逻辑,自动调整水泵的运行台数与运行参数。在用电低谷时段,自动停运部分设备,降低能耗;在用水高峰时段,及时启动备用设备,保障供水需求。通过自动化运行程序的优化,提高供配电系统的运行效率与智能化水平。

3.4 完善继电保护与防雷接地系统

(1)优化继电保护装置的配置与整定,为供配电系统提供可靠的故障防护。针对水泵站不同的电力设备与供电线路,选用合适的继电保护类型,如过电流保护、过电压保护、差动保护等。根据设备的额定参数与运行特性,精确计算保护装置的动作电流、动作时间等整定

值,确保继电保护装置在发生故障时能够快速、准确地动作,切除故障设备,缩小故障影响范围,保障非故障设备的正常运行。(2)加强防雷措施,降低雷击对供配电系统的损害。在水泵站的高压进线端、变压器等关键部位安装性能优良的避雷器,有效抑制雷击过电压。设计合理的防雷接地系统,采用多点接地方式,降低接地电阻,确保雷击电流能够迅速导入大地。对供配电系统的电缆、金属管道等进行等电位连接,防止雷电感应过电压对设备造成损坏,提高系统的防雷能力。(3)定期对继电保护装置与防雷接地系统进行检测与维护,确保其性能可靠。利用专业的检测设备,对继电保护装置的动作特性、灵敏度等进行测试,及时发现并处理潜在问题。检测防雷接地系统的接地电阻是否符合标准要求,检查避雷器、接地线等部件是否存在老化、损坏现象,对老化或损坏的部件及时进行更换,保障继电保护与防雷接地系统始终处于良好的运行状态,为供配电系统的安全稳定运行保驾护航^[4]。

结语

综上所述,对水厂水泵站供配电系统进行优化设计,是解决当前设备老化、能耗高、自动化不足等问题的有效途径。通过实施设备升级、节能控制优化、自动化水平提升等策略,显著增强了系统的可靠性与运行效率,降低了能耗与运维成本。未来,随着技术的不断进步,还需持续探索智能化、绿色化供配电系统的构建,以适应城市供水行业不断发展的需求,进一步提升供水保障能力。

参考文献

- [1]李永健.智慧供配电系统的研究[J].工程建设与设计,2025(2):83-85.
- [2]滕成仲.工厂供配电系统设计方法研究[J].电力设备管理,2024(7):185-187.
- [3]张前进,张熙昊,葛瑞,等.睢宁二站水泵填料自动供水电路优化设计[J].电世界,2024,65(1):50-51.
- [4]薛腊梅,唐智新.海水取水泵站取水泵运行优化设计方案[J].冶金动力,2020(2):56-58.