

电力工程中配电网自动化系统设计及应用

苏 凯, 张玉祥*, 尹承城

(山东地勘地热新能源集团有限公司, 山东 济南 250000)

摘 要 电力是我国重要的基础能源, 随着社会经济的持续发展, 电力需求也在不断增长, 这就要求电力系统整体性能进一步提升, 以符合当代电力产业发展的基本需要。配电网作为电力系统的重要组成部分, 其自动化水平直接影响整个电网运行效率及电能整体质量。然而, 当前传统配电网管理运维方式难以满足现代电力系统基本需求, 存在供电不稳定、故障处理滞后等诸多问题, 研究配电网自动化技术的应用对于提升电网智能化水平、优化资源配置具有重要的理论及实践价值。

关键词 电力工程; 配电网自动化; 智能电网管理模块; PLC 自动控制系统

中图分类号: TM766

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.03.003

0 引言

随着人们生活水平的不断提高, 电力需求持续增长, 电力系统的安全稳定运行成为保障社会发展和人们生活的关键。配电网作为电力系统的重要组成部分, 其自动化水平直接影响电力系统的运行效率和可靠性。配电网自动化不仅可以提高电力供应的稳定性, 还可以降低故障发生的风险, 提高电力系统的整体运行效率。然而, 配电网自动化在实际应用中也面临诸多挑战, 为提高配电网自动化的可靠性, 必须从多个方面进行综合考虑和优化。

1 电力系统配电网自动化技术概述

电力自动化系统是现代配电网运行的核心, 为进一步满足新时期人们的日常用电需求, 电力系统配电网的规模逐渐扩大, 为保证各项系统的稳定运行, 依托信息技术进行升级管理, 已成为多方关注的重点, 其中自动化技术主要建立在电力线通信 (Power Line Communication, PLC) 控制技术及人工智能技术的基础上, 配合遥感和信息分析等相应的辅助技术, 针对配电网的运行细节和内容进行集成化管理, 从而演变出了具备数据分析、智能调控、自动调整等功能的电力系统。

目前较为典型的配电网自动化系统采用模块化的方式将配电站和子站、馈线终端等结构集中融合至自动控制系统, 通过光纤通信、远程通信等方式进行数据分析和处理。这种自动调控的方案能够降低配电网发生安全事故的概率, 进一步控制成本。同时, 可以提供高质量的供电服务, 为电力相关企业营造智能化的运维体系, 直接为用户提供良好的用电服务^[1]。

2 配网自动化系统

在电力系统配电网自动化应用方面, 该项目采用先进的自动化技术, 实现对电力系统的实时监测和控制, 以提高电力系统的运行效率和可靠性。同时, 还考虑电力系统的扩展性和升级性, 以满足未来电力需求的变化。

配网自动化系统主要由配网自动化终端、配网子站系统以及配网主站系统组成。(1) 配网自动化终端包括馈线终端设备 FTU、开闭所终端设备 DTU 以及配变终端设备 TTU, 采集现场终端设备工况数据, 并与子站系统建立通信, 实现三遥 (遥测、遥信、遥控) 功能。

(2) 配网子站系统一般部署于变电站内, 负责与配网自动化终端通信, 实现对本地和馈线的监控, 并将收集到的信息上送主站。(3) 配网主站系统包括 SCADA 系统、应用子系统 DMS 以及用于进行故障诊断与维修的子系统, 位于调度中心, 负责与各个子站之间通信。

3 配电网自动化系统的组成

3.1 配电主站系统

配电主站系统是配电网自动化系统的中枢神经, 主要负责对整个配电网的运行状态进行实时监控、分析和控制。该系统主要包括以下几个部分:

1. 数据采集与传输。利用遥测、遥信、遥控等技术, 实时采集各馈线、变电站及用户端的电力信息, 如电压、电流、功率、故障信号等, 并将这些数据传输至配电主站。

2. 数据处理与分析。配电主站对收到的数据进行处理和分析, 实现对配电网运行状态的实时监控。通过对数据的挖掘和分析, 可以发现配电网中的异常情

*本文通信作者, E-mail: 1491851474@qq.com。

况,为故障预测和处理提供依据。

3. 控制与指令下发。根据数据处理与分析的结果,配电主站可以向馈线自动化系统、用户自动化和变电站自动化系统下发控制指令,实现对配电网的远程控制。

4. 数据显示与报警。配电主站将实时监控数据、故障信息和历史数据等进行展示,以便运行人员了解配电网的运行状况。同时,当发生故障或异常情况时,系统会自动报警,提醒运维人员进行处理。

3.2 馈线自动化系统

馈线自动化系统是配电网自动化系统的重要组成部分,主要负责对馈线的运行状态进行实时监控和控制,提高馈线的运行效率和可靠性。主要包括以下几个部分:

1. 数据采集与传输。通过遥测、遥信等技术实时采集馈线上的电力信息,并将这些数据传输至配电主站。

2. 故障检测与定位。对采集到的数据进行实时分析,发现馈线上的故障,并准确判断故障位置,为故障处理提供依据。

3. 故障处理与恢复。根据故障检测与定位结果,自动或人工下发故障处理指令,实现对故障馈线的隔离和恢复非故障区域的供电。

4. 馈线保护与安全。馈线自动化系统对馈线进行实时保护,防止故障扩大,确保馈线运行的安全性^[2]。

3.3 用户自动化和变电站自动化

用户自动化和变电站自动化是配电网自动化系统的两个重要方面,主要负责对用户端和变电站的运行状态进行实时监控和控制,提高用户供电质量和变电站运行效率。

1. 用户自动化。用户自动化系统主要包括电能表远程抄表、用电负荷控制、用户故障监测等功能,通过对用户用电信息的实时采集和分析,实现对用户用电的远程监控和管理,提高用户供电质量。

2. 变电站自动化。变电站自动化系统主要包括遥测、遥信、遥控等功能,通过对变电站运行状态的实时监控和控制,提高变电站的运行效率和可靠性。

4 电力工程中配电网自动化系统设计

4.1 配电网馈线自动化设计

在现代电力工程中,配电网自动化系统采用一种综合规划、分阶段实施方法。设计团队主要考虑目前电力系统发展趋势、操作特点,结合这些信息对配电网结构进行初步优化。配电网自动化系统由控制中心、站点终端和用户端设备组成,这些组件共同监测调控电网运行状态。

馈线系统作为保障电力工程配电网稳定运行的核心部分,起到了控制各种测量装置的重要作用。考虑

配电网在高负荷运行时受环网、负载变动影响,馈线配置需要具备高度的灵活性和可靠性,因此进行全面的配电网馈线自动化设计十分必要,首要任务是依据电力项目建设实际需求设计配电网结构,并合理分配负载。在分配负荷时,充分参考配电网供电半径,确定馈线供电区域,避免供电区域重叠。在电力工程布线过程中,预先考虑备用通道,为备用通道预留一定的空间,使用备用通道可对电网运行情况进行负荷调整。基于电网负荷的调整情况,可为电网构造的优化提供依据,如可尝试增设新的馈线路径,或是在线路中部署自动化分段开关等设备,尽可能地改进传统分段、分支开关布局。

4.2 主动对象数据库设计

现代电力系统构建管理中,主动对象数据库的设计日趋重要,其在提升电力系统操作主动性、实时性方面尤为重要。主动对象数据库强调数据处理的预测性、实时性,以尽可能地适应电力行业快速发展的基本需求。与传统数据库相比,主动对象数据库在数据获取、处理及应用方面更具前瞻性、动态性,可根据系统状态自动进行数据即时更新处理,极大地提高了电力系统的监管效率。

具体而言,部署主动对象数据库可实时监控电网状态、自动调整配电路线,以优化电力分配、减少损耗。例如,借助集成的传感器网络,系统可实时收集各节点的电流、电压数据,这些数据均由主动对象数据库实时接收处理。利用这些数据系统可动态调整电网运行策略,如负载均衡、故障恢复等。此外,主动对象数据库还可应用于电力需求预测、能源管理,通过分析历史及实时数据,更为精准地预测未来电力需求趋势,为电力调度提供科学依据,实现能源管理优化^[3]。

5 电力工程中配电网自动化系统应用措施

5.1 智能电网管理模块

智能电网系统的复杂程度较高,自动化技术可以利用一部分技术体系代替常规的人员管理,并且增强智能电网管控的灵活性和多样性。其中自动化技术应用的重点在于故障点的自动切除、电力自动化恢复、复合自动断开等层面。例如,通过安装自动重合器将两路电源所连接的环网作为集中管理的一部分,彼此相邻的自动重合器会形成分区保护系统,在其中某一个线路出现故障时,自动重合器会进行分段,确保将故障区域从整体电力系统中隔离出去,保障故障不会大规模蔓延维持系统的稳定运行状态。故障解决之后,由自动控制系统进行系统运行情况的判断,支配自动开关完成重合,恢复原有的状态。

5.2 PLC 自动控制系统

PLC 自动控制系统能够代替绝大部分人工管理业务,为配电网的自动化运行和故障调整提供明确的智能方案。该系统和配电网的日常运行进行融合之后,利用工业控制计算机作为自动控制的核心,配合中央处理器、输入输出单元和储存单元能够将配电网的日常运行转换成自动管控模式。工业控制计算机直接采集配电网运行期间的各项参数,将其转换成自动控制命令,由执行程序 and 输出刷新系统进行自动控制和运维管理。

在输入的采样阶段,通过 PLC 自动控制系统的智能检测装置及人工编程输入的方式,将配电网的测控设备状态、数据系统、电力系统的运维转换为自动控制命令,便于后续的自动化执行;在程序执行的过程中,TRC 自动控制系统会自上而下进行程序扫描,按照电网日常运维的实际情况完成预算,基于逻辑运算的结果实现自动调控。中央处理器会针对数据刷新之后的结果判断当下系统运行的实际情况,从而完成电网的科学调度。

为保证 PLC 自动控制系统的运行,还需要额外建立数据库,作为自动控制程序管理和优化的核心依据。数据库可以储存每一次执行过程中的各项数据信息,保证电力系统在自动控制的引导下能够完成相关内容的汇总,而 PLC 系统会针对这些数据信息中潜在的问题进行分析,将其转换成自动预警体系,以便在出现项目类型故障时能快速启动已执行过的程序,保证电网调度和用户用电需求得到满足^[4]。

5.3 基于应用需求优化电力分配

在配电网自动化技术的加持下,电力系统负荷管理系统也能够逐渐向着智能化方向发展,可以针对不同地区以及终端用户用电状况实时进行监测,根据负荷的变化趋势以及峰谷数值的差异,就电力能源的分配合理进行规划。智能化配电网技术可以将电气数据监测和分析作为前提条件,针对不同区域以及终端用电用户开展精细化管理,保障电力能源能够与用户用电需求精准匹配。智能化用电负荷管理系统可以根据实时用电需求以及电力能源供应能力对电力能源分配进行调整以及规划,保障电力负荷处于平衡状态。在用电的高峰阶段,负荷调度措施能够针对电力分配进行调整,并且供应路径也能够得到优化,电网系统的运行负荷明显减轻,供电系统变得更加稳定。在进入供电低谷阶段之后,其中的智能化储能系统以及微电网技术能够针对电力能源进行储存以及共享。

如今,机器学习算法作为人工智能技术的代表性

成果,管理人员能够引入机器学习算法结合历史数据的变化合理训练预测模型,以此针对未来电网运行中负荷变化进行预测以及分析。管理人员可以基于输入变量形成有关电网运行负荷变化的预测模型,在完成训练工作之后,便可针对电网系统运行负荷变化全方位进行预测。管理人员能够将目前电网运行负荷以及天气数据作为输入变量,由模型对于未来的负荷变化全方位进行预测,最终形成的预测结果能够为电力系统调度优化提供借鉴和参考,使电力系统供应更加平衡^[5]。

5.4 加强设备选型和维护

1. 设备选型的质量保证。设备选型是配电网自动化系统建设的第一步,对系统的可靠运行至关重要。在设备选型时,应选择具有高质量、高性能的设备。同时,应考虑设备的兼容性和互操作性,以确保不同设备之间能够顺利对接和协同工作。设备的选型应充分考虑其环境适应性,如温度、湿度、腐蚀等环境因素,确保设备能够在各种环境下稳定运行。

2. 设备维护的定期化和专业化。设备维护是确保配电网自动化系统可靠运行的重要手段,应建立完善的设备维护体系,定期对设备进行维护和检查,确保设备的正常运行。同时,应培养专业的维护团队,对设备的运行状态进行实时监测,及时发现和处理设备故障。

6 结束语

本文针对配电网自动化技术展开了深入研究,具体分析了该技术的实践应用方案,拟引入配电网自动化技术显著提升电网运行效率、稳定性。配电网自动化技术在电力工程领域的广泛应用可以有效提升配电网系统性能指标,如提高配电网馈线自动化覆盖率、缩短系统平均响应时间等,从而为电力系统的稳步发展提供实践指导。随着信息技术的不断发展,电力系统配电网自动化系统的设计可以持续优化,为电力系统的稳定、安全、高效运行贡献更大的力量。

参考文献:

- [1] 伍燕梅. 电力系统配电网中自动化技术的应用研究[J]. 光源与照明, 2024(05):198-200.
- [2] 宋泽均. 电力工程中配电网自动化技术研究[J]. 光源与照明, 2022(08):189-191.
- [3] 李艳, 许方杰. 基于配电网自动化技术的电力系统运行优化策略[J]. 光源与照明, 2024(02):234-236.
- [4] 同 [1].
- [5] 刘洪斌. 基于配电网自动化的电气设备管理研究与应用[J]. 自动化与仪器仪表, 2024(06):301-304,308.