

高低压配电柜实现自动控制的具体举措分析

王金鑫

(浙江中控西子科技有限公司, 浙江 杭州 311401)

摘要 随着电力系统智能化升级, 高低压配电柜作为电能传输的主要设备, 自动化控制水平直接影响供电可靠性。当前部分地区配电柜仍依赖人工操作, 存在故障响应滞后等现象, 这对高低压配电柜实现自动控制目标造成一定的影响。为提升高低压配电柜自动控目标, 确保高低压配电柜系统稳定运行, 本文通过解析低压配电柜实现自动控制作用, 且在分析高低压配电柜自动控制现状的基础上, 深入探讨了高低压配电柜实现自动控制的具体举措, 以期提升设备自动化水平、降低运维成本、保障电力供应安全稳定提供借鉴。

关键词 高低压配电柜; 自动控制; 硬件选型; 软件开发

中图分类号: TM642

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.30.007

0 引言

电力系统中高低压配电柜是电能传输的重要设备之一, 而通过自动控制技术实现高低压配电柜自动化控制, 能够实时监测高低压配电柜的运行参数、自动处理故障、优化运维流程, 从而提高电力系统运行可靠性和效率, 对保障电力能源供应安全性具有重要意义。不过由于高低压配电柜的电压等级与承载负荷存在差异, 其自动化控制系统要求更强的绝缘监测、故障连锁保护功能, 且需兼容高压设备的延时操作特性。因此, 针对高低压配电柜实现自动控制的策略展开研究, 能够匹配不同电压等级设备的控制需求, 规避因控制策略通用化导致的运维风险, 提升电力系统自动化运行的稳定性。

1 高低压配电柜实现自动控制的作用

1.1 提升供电可靠性

传统高低压配电柜运维主要依赖人工巡检和手动操作模式, 存在显著的响应滞后问题。一旦配电柜出现过载、短路等突发故障时, 技术人员难以及时进入现场解决处理, 这导致停电时间延长、用户体验感下降。而在高低压配电柜采用自动化控制技术后, 系统能够自动化采集电压、电流、温度等参数, 一旦系统监测参数超出规定阈值立即触发保护机制, 自动切断故障电路以防故障范围扩大。同时, 自动控制技术能够降低人员操作失误概率, 防止因为操作失误引发供电故障以提高供电系统连续性、稳定性^[1]。

1.2 降低运维成本

传统高低压配电柜需要组织大量巡检人员进行设备检查和维护, 这导致人力成本、时间成本升高, 也

会存在巡检盲区, 无法精准掌握配电柜运行状态。高低压配电柜采用自动控制技术, 能够实时监测与数据远程传输, 进而实时掌握高低压配电柜远运行参数, 以减少现场巡检频次、降低人工巡检成本。此外, 高低压配电柜自动控制系统能够预测温度异常、部件老化等潜在故障, 以便运维人员采取针对性维护措施降低运行维护成本。

1.3 优化电力资源配置

电力系统中合理分配电力资源是提高能源利用率的关键, 然而以往高低压配电柜并不能及时掌握各回路运行状态, 电力调度只是通过经验进行, 造成有些位置资源分配不均而导致电能浪费严重。自动控制系统能够及时掌握高低压配电柜各回路用电数据, 通过数据分析获取各线路负载变化情况, 再根据电力需求动态化调整电力分配方案以实现电力资源精准调度。同时, 自动控制技术结合用电峰谷差异, 优化配电柜运行模式能够减少电力资源浪费, 从而达到节能减排的目的。

2 高低压配电柜自动控制现状

高低压配电柜自动控制技术在电力领域中得到广泛应用, 然而受到行业发展影响导致不均衡现象比较普遍。城市电网、大型工业企业自动化控制技术相对成熟, 很多高低压配电柜采取远程监控、自动故障诊断与保护功能, 并且利用 PLC、嵌入式系统等模块, 通过安装先进通信技术和高精度传感器装置实现系统运行水平提升。但是有些偏远地区或中小型企业自动化控制技术水平低、普及率不足, 依然采取人工操作方式为主, 只配置简单的监控设备而难以实现保护机制、

自动控制机制的稳定运行。此外,目前自动控制系统存在“数据孤岛”现象,不同厂家设备通信协议不统一造成数据无法互联互通,进而影响整个系统的调度效率。同时,有些高低压配电柜自动控制系统智能化水平较低,故障准确率、处理效率难以有效提升^[2]。

3 高低压配电柜实现自动控制的具体举措

低压配电柜作为电力末端分配关键设备,实现自动控制需围绕参数精准监测、指令高效执行与运维便捷化展开,以下从硬件、软件、通信等方面分析高低压配电柜实现自动控制策略。

3.1 硬件选型优化

1. 控制模块精准选型。高低压配电柜自动控制系统核心控制模块是关键,需要根据实际情况选择适宜核心控制模块型号以满足控制要求。针对10~30 kV的高压配电柜选择性能优越的PLC系统,能够满足多回路控制需求,其具备抗干扰能力强、运算速度快等特点,能够满足复杂控制逻辑运行需求;0.4 kV等低压配电柜使用小型PLC或嵌入式微处理器,能够在低压场景下广泛应用。此外,核心控制模块选型时需要考虑运算主频、I/O点数、内存容量等参数,保证其满足配电柜控制需求。

2. 监测传感器科学选配。高低压配电柜监测传感器能够及时采集配电柜运行数据,保证自动控制系统运行具备准确性。高低压配电柜电压监测时用霍尔电压传感器,如CSM050MG测量范围0~500 V、精度±0.5%,能够掌握电压波动变化情况;电流监测使用RCT-2000型罗氏线圈电流传感器,其测量范围0~2 000 A,频带宽,适配大电流场景;温度监测使用PT100铂电阻传感器,能够满足温度范围-200~650℃、精度±0.1℃监测需求。同时,传感器选择需要满足防潮、防尘、抗电磁干扰的要求,确保数据采集具备较高的精度和准确性^[3]。

3. 执行机构合理选用。高低压配电柜执行机构能够满足指令执行需求,需要考虑到配电柜的开关类型、操作需求选择。断路器使用ZW32-12电动操作机构,其操作力矩120 N·m、分闸时间0.08 s以下,能够实现分合闸控制精度提升;隔离开关选择使用动作速度快的电磁操作机构,在低压场景下快速完成切换。执行机构选型需要分析动作时间、操作力矩、电源适配性等参数,确保执行机构和高低压配电柜匹配以延长使用寿命,能够提高系统可靠性、降低故障发生率。

3.2 软件系统开发完善

1. 开发数据采集与处理模块。高低压配电柜自动控制系统数据采集模块采用Modbus、CAN、RS485等,能够确保控制系统内传感器以及控制模块顺利完成数据交互,确保采集周期控制在100 ms以下达到数据实时性要求。数据处理模块利用滤波算法去除干扰数据,再利用趋势预测、统计分析等功能,将采集后原始数据转变为有用数据。例如:通过采集的电压、电流数据谐波分析能够判定电力质量,而温度参数进行趋势拟合则能分析部件老化风险。同时,数据处理模块能够自动记录数据,再利用专用的数据库使数据预存储时间1年以上,以便后续进行查询和分析^[4]。

2. 设计控制策略与保护逻辑。高低压配电柜控制策略设计需要考虑到其运行特性确定,考虑到配电柜不同故障类型采取适宜的保护逻辑。过电压保护逻辑设定适宜电压阈值,如果监测电压超过阈值10%则立即触发泄压装置;过电流保护装置根据回路设定额定电流阈值,一旦电流超出该电流阈值则立即切断回路;过载保护系统选用阶梯式保护方式,轻度过载发出预警、中度过载则自动分闸。同时,高低压配电柜自动控制系统设置联动控制策略,一旦柜体温度过高立即开启风扇,温度过低则关闭风扇以达到能源节约效果。

3. 开发人机交互界面。高低压电柜设计人机交互界面,保证其具备易用性和实用性,通过Qt开发框架支持Linux系统运行。在人机交互界面中实时显示电压、电流、温度、开关状态等配电柜运行参数,再利用数字、图表等方式显示出来;人机交互界面设置参数设置功能,运维人员可根据系统运行情况进行远程修改控制阈值、保护逻辑等参数;人机交互界面中设置故障报警模块,通过弹窗警示、声光报警等方式发出警报,并显示故障位置、类型以及处置建议。人机交互界面响应时间1 s以内,支持5人以上同时在线操作,确保运维人员能够及时掌握故障问题并采取解决措施^[5]。

3.3 搭建通信架构

1. 构建本地通信网络。高低压配电柜构建本地通信网络实现数据稳定传输,保证数据传输速度达到100 Mbps以上;RS485总线及时进行传感器、执行机构数据传输,传输距离1 200 m以内满足数据分散传输需求。同时,通信系统安装避雷器使用屏蔽电缆等方式,具备较高的抗干扰性与防雷性,确保通信系统稳定性。另外,在本地通信网络建设过程中,对于设备的兼容性需要优先考虑,一般而言,设备兼容性需要满足Modbus、

Profine 等通用工业通信协议的要求,如此方能让不同的品牌的控制器与传感器等基础设备能和配电柜主控单元可无缝对接。而在本地网络设计时,需要在重要的传输节点中设置双链路备份,一旦主链路产生本地网络故障时,就能通过该方式自动切换备用的链路,确保电压、电流、绝缘状态数据传输不受影响。

2. 建立远程通信链路。高低压配电柜自动控制系统建设远程通信链路,结合不同使用场景选择适宜通讯方式。城市区域选用光纤通信提高传输稳定性以及速率,符合大数据量传输需求;偏远地区选择 4G/5G 无线通信具备较高灵活性,也不需要铺设电缆以降低建设成本。通信链路采用加密数据传输技术,利用 SSL/TLS 等加密协议防止数据篡改或窃取^[6]。此外,数据通信系统设置冗余机制,一旦通信链路出现故障立即切换备用线路达到数据连续传输要求。

3. 互联多系统数据。高低压配电柜自动控制系统需要打破数据孤岛,通过互联多系统数据完成运维调度系统的互联。该系统中利用 IEC61850 等标准化通信协议设置统一数据格式,能够满足数据交互使用需求。配电柜运行过程中将运行数据传输到电力调度系统,使电力调度决策有数据依据;配电柜故障信息、设备状态传输到运维系统,由运维人员制定适宜的运维管理计划。

3.4 升级运维管理方式

1. 采用远程实时监控运维。高低压配电柜自动控制系统采用远程实时监控方式,远程监控平台能够利用手机 APP、电脑等多种终端设备进行访问,以便运维人员及时进行监控。如果运维人员发现设备异常则可远程下发控制指令,通过调整运行参数、重启设备等减少现场运维次数。同时,远程监控平台可增设设备运行日志自动归类功能,按“正常运行”“轻微异常”“紧急故障”标签整理记录,方便运维人员回溯问题时快速筛选关键信息。并且支持与备品备件管理系统关联,当监测到部件存在故障风险时,自动提示对应备件库存情况,避免因备件缺失延误维修。

2. 采用故障预警诊断方式。高低压配电柜自动控制系统故障预警诊断功能,通过构建预警模型,利用机器学习算法分析设备运行规律以便掌握故障信息。例如:自动控制系统监测断路器分合闸时间逐渐延长,预警机械部件存在磨损问题;配电柜柜体温度异常且负载无变化,则预警散热系统故障。在系统故障发生后立即分析形成原因并制定运维方案,由运维人员快速进行排查和修复以缩短停电时间^[7]。

3. 实施全生命周期管理。高低压配电柜自动控制系统能够积累设备运行数据,并构建形成全生命周期运维管理体系。该管理体系中记录高低压配电柜设备安装、调试、运行、维护、报废全过程数据,分析设备使用寿命和运行工况关系,进而预测设备报废时间以便制定设备更新计划。同时,通过运行设备运行平台能够时整合设备实时运行电压波动值、电流负载率、绝缘电阻变化等参数,且通过平台功能通过数据建模分析设备性能衰减规律,在一定范围中能够识别易出现故障的部件与运行薄弱点。并且通过获取数据分析的结构进行维护周期的优化,一般来说,类似高负载、高损耗部件的维护方式,可适量的缩短维护间隔;对稳定运行部件则根据实际情况适当地延长维护周期,避免过度维护或维护不足的情况产生。

4 结束语

高低压配电柜作为电力系统的重要组成部分,在智能化技术不断应用下需要进行智能化改造,能够有效提升电力系统的运行效率、降低运维成本、优化资源配置。同时,高低压配电柜实现自动化控制,能够解决数据孤岛、不均衡等问题。而对于高压配电柜而言,它要求更强的绝缘监测、故障连锁保护功能,且需兼容高压设备的延时操作特性不同,故而在往后的研究过程中,需要从硬件选型优化、软件系统开发、通信架构搭建、运维管理升级等方面展开研究,并且积极地引入智能化控制技术、PLC 控制技术等,确保各种自动控制技术能在高低压配电柜运行中发挥应有的作用。

参考文献:

- [1] 吴旭. 高低压配电柜系统实现自动控制策略研究[J]. 数字技术与应用, 2019, 37(03): 3-4.
- [2] 郑婷, 杨杭朴. 高低压配电柜实现自动控制策略探讨[J]. 居舍, 2018(28): 192, 194.
- [3] 史艳影. 高低压配电柜系统自动控制策略研究[J]. 电子世界, 2021(15): 71-72.
- [4] 夏明丽. 高低压配电柜系统实现自动控制策略研究[J]. 通信电源技术, 2020, 37(11): 26-28.
- [5] 姚丽. 地面高低压配电柜智能监控系统的设计与实现[J]. 张江科技评论, 2024(08): 81-83.
- [6] 云水媛, 解子毅. 配电房高低压配电柜的优化选择分析[J]. 数字传媒研究, 2022, 39(07): 46-49.
- [7] 蔡军. 几种常见低压配电柜的特点及应用探讨[J]. 中国设备工程, 2022(05): 100-101.