

电压无功综合控制策略与电压监测仪的应用研究

陈培源

内蒙古电力(集团)有限责任公司包头市固阳供电分公司 内蒙古包头市 014200

DOI: 10.12238/ems.v7i5.13210

[摘要] 本文深入剖析电压无功综合控制策略与电压监测仪的应用。阐述电压无功控制对电力系统的重要意义,介绍常见控制策略,分析电压监测仪功能、特点及应用情况,探讨应用挑战与应对方法,为提升电力系统电压稳定性、优化电能质量提供理论与实践支撑。

[关键词] 电压无功综合控制; 电压监测仪; 电力系统; 电能质量

引言

在现代电力系统里,保障电压稳定、提供优质电能至关重要。电压波动和无功功率不合理分布,不仅影响电力设备正常运行、缩短设备寿命,还会降低电能质量,影响用户体验,甚至引发电力系统故障。电压无功综合控制策略是维持电压稳定的关键,能通过调控无功功率提升电压质量。而电压监测仪作为监测电压状态的重要设备,为控制策略提供精准数据。研究两者应用,对保障电力系统安全、稳定、高效运行意义重大。

一、电压无功综合控制的重要性

(一) 维持电力系统稳定

稳定电压: 稳定电压是电力系统正常运行的基础。当无功功率分布不合理,电压就会波动甚至偏离额定值。比如在负荷高峰,若无功功率不足,电压下降,可能导致电动机转速降低、灯光变暗,严重时引发电压崩溃,造成大面积停电。通过实施电压无功综合控制策略,能及时调整无功功率分布,确保电压稳定在允许范围,保障系统正常运行。

增强抗干扰能力: 合理的电压无功控制能让电力系统更好地抵御雷击、短路故障等外部干扰。若电压和无功功率控制良好,系统能更快从干扰中恢复。例如短路故障发生后,借助电压无功综合控制系统迅速调节无功功率,可有效减小电压跌落幅度和持续时间,使系统尽快恢复正常电压,保证电力供应的连续性。

(二) 提升电能质量

降低电压偏差: 电压偏差是衡量电能质量的重要指标。过大的电压偏差会影响用电设备性能和寿命,像精密电子设备,电压偏差可能使其工作异常甚至损坏。电压无功综合控制通过调节变压器分接头、投切无功补偿装置等,能有效降低电压偏差,为用户提供更稳定电压,提升电能质量。

减少谐波污染: 电力系统中,大量非线性负荷产生的谐波电流会使电压波形畸变,影响电能质量。电压无功综合控制策略中的静止无功补偿器等设备,不仅能调节无功功率,还能在一定程度上抑制谐波,减少谐波对系统和设备的危害,进一步提升电能质量。

二、常见的电压无功综合控制策略

(一) 变压器分接头调节策略

调节原理: 变压器分接头可改变变压器变比,进而调整输出电压。系统电压偏低时,调低变压器分接头挡位,降低变比,输出电压升高;电压偏高时,调高挡位,提高变比,输出电压降低。例如,降压变电站中若低压侧电压低于额定值,运维人员操作分接头调节装置,调低挡位,就能提高低压侧输出电压。

优缺点: 此策略调节方式简单直观,对改善局部电压质量效果明显。但它是逐级调节,范围有限,且调节次数不能太频繁,否则影响变压器寿命。而且单纯靠它无法根本解决系统无功功率不足问题,对无功功率需求变化大的场合,可能无法满足电压控制要求。

(二) 无功补偿装置投切策略

补偿原理: 并联电容器、电抗器等无功补偿装置,通过向系统注入或吸收无功功率,调节系统无功功率平衡。在负荷端,感性负荷多导致无功功率需求大时,投入并联电容器,提供容性无功功率,抵消部分感性无功功率,提高功率因数,稳定电压。如工业厂区中,大量电动机等感性设备运行使电压下降,投入并联电容器组后,系统无功功率得到补偿,电压恢复正常。

控制方式: 无功补偿装置投切控制方式多样,常见有按功率因数、电压、无功功率控制。按功率因数控制,当功率因数低于设定值时投入补偿装置;按电压控制,电压超出设定范围时投切;按无功功率控制,依据系统无功功率实际需求控制装置动作。实际应用中,常综合多种因素采用智能控制,实现更精准的无功补偿。

(三) 综合优化控制策略

多目标优化: 综合优化控制策略以电压稳定性、功率因数、网损等多个指标为优化目标,构建数学模型,运用遗传算法、粒子群优化算法等求解最优控制方案。对变压器分接头挡位、无功补偿装置投切组合进行优化计算,使系统在满足约束条件下达到最佳运行状态。在含多个变电站和大量负荷的电力系统中,能同时实现电压偏差最小、功率因数最优、网损最低。

实时动态调整: 该策略借助先进通信技术和监测设备,实时获取电力系统运行数据,包括电压、电流、功率等。根据这些数据,控制系统动态调整控制策略以适应系统变化。比如负荷突变时,系统能迅速检测电压和无功功率变化,及时调整无功补偿装置投切和变压器分接头挡位,确保电压稳定,具有很强的适应性和灵活性。

三、电压监测仪的功能与特点

(一) 基本功能

电压参数测量: 电压监测仪能精准测量电力系统电压的有效值、最大值、最小值、平均值等参数,通过这些参数可及时了解电压波动情况。例如在输电线路安装电压监测仪,能实时测量电压有效值,电压异常波动时,测量数据直观反映变化幅度和趋势。

数据记录存储: 它具备数据记录和存储功能,按设定时间间隔记录电压数据。这些历史数据对分析电压变化规律、查找异常原因很有价值。比如电压监测仪每隔15分钟记录一次数据,长期积累形成详细电压变化曲线,为运维人员分析电压稳定性提供数据支持。

报警功能: 当监测到电压超出预设正常范围,电压监测仪会及时发出报警信号,方式有声光报警、短信报警等,确保运维人员第一时间得知电压异常,采取措施处理。如监测到变电站母线电压低于下限值,会立即触发声光报警,并向运维人员手机发送短信提醒检查。

(二) 技术特点

高精度测量: 采用先进测量技术和高精度传感器,电压

监测仪测量精度可达 $\pm 0.5\%$ 甚至更高, 能满足电力系统对电压测量精度的严格要求。为对电压质量要求极高的特殊用户供电时, 可准确监测电压变化, 保障用户正常用电。

宽范围适用: 电压监测仪能适应不同电压等级电力系统, 从低压配电网到高压输电线路都能正常工作, 测量范围覆盖几十伏到几百千伏, 通用性强。在城市低压配电网可监测 220V、380V 电压, 在高压输电线路能监测 110kV、220kV 等更高电压等级。

通信与远程监控: 具备通信接口, 可与上位机或监控中心通信连接, 方便远程监控和数据传输。运维人员通过通信网络, 能在监控中心实时查看监测仪采集的数据, 远程分析管理电压状态。利用无线通信技术, 将数据传输到电力公司监控中心, 运维人员可通过电脑或手机 APP 随时查看各监测点电压, 提高运维管理效率。

四、电压监测仪在电压无功综合控制中的应用

(一) 提供数据支持

实时数据采集: 电压监测仪实时采集电力系统各监测点电压数据, 并快速传输给电压无功综合控制系统。系统依据这些数据准确判断当前电压状态, 为制定合理控制策略提供依据。在大型工业园区配电网中, 多个电压监测仪实时采集不同位置电压数据, 综合控制系统据此及时发现电压异常区域, 针对性调整无功补偿装置和变压器分接头。

历史数据挖掘: 对电压监测仪记录的历史数据进行挖掘分析, 能了解电压变化规律和趋势, 预测未来变化。例如分析某变电站母线电压历史数据, 发现夏季高温因空调负荷增加电压易偏低。后续电压无功综合控制中, 可提前在夏季来临前增加无功补偿容量, 应对电压下降。

(二) 辅助故障诊断处理

电压异常检测: 电压监测仪能及时检测电压骤升、骤降、波动等异常情况, 检测到异常时发出报警信号, 记录异常发生时间、持续时长和异常值等信息, 帮助运维人员快速定位故障点、分析原因。如监测到某线路电压突然下降且持续超阈值, 运维人员可依据记录信息迅速排查线路短路故障或设备异常。

故障原因分析: 结合电压监测仪采集数据和电力系统运行参数, 运维人员可深入分析电压异常原因。对比电压变化曲线和同期负荷变化数据, 判断是否因负荷突变导致电压异常; 分析电压谐波数据, 确定是否因谐波污染造成电压畸变, 为快速解决电压问题提供支持, 保障电力系统正常运行。

(三) 评估控制策略效果

量化评估: 利用电压监测仪采集的数据, 可对电压无功综合控制策略实施效果量化评估。对比控制前后电压偏差、波动幅度等指标, 判断控制策略是否达到预期。实施一组无功补偿装置投切和变压器分接头调节策略后, 通过数据计算电压偏差是否减小、功率因数是否提高, 判断策略有效性。

优化依据: 根据电压监测仪反馈的控制效果评估结果, 运维人员可优化调整控制策略。若控制后电压仍偏差大或某些区域电压稳定性未改善, 需分析原因, 调整控制参数或改变控制方式。如按功率因数控制无功补偿装置投切策略在某些情况下无法稳定电压, 可考虑结合电压控制方式优化策略, 提高控制效果。

五、应用挑战与应对策略

(一) 数据准确性可靠性问题

问题: 实际应用中, 传感器故障、电磁干扰、通信故障等因素, 可能导致电压监测仪采集数据出现偏差或丢失。不准确的数据用于电压无功综合控制, 可能导致错误决策, 影响电力系统正常运行。

策略: 加强对电压监测仪的维护管理, 定期校准检测传感器, 确保测量精度。采用屏蔽、滤波等抗干扰技术, 减少

电磁干扰对数据采集的影响。建立数据校验和纠错机制, 实时校验采集数据, 发现错误及时纠正补充。如在电压监测仪电路设计中增加屏蔽层, 减少外界电磁干扰; 采用冗余通信链路, 提高数据传输可靠性。

(二) 监测范围覆盖问题

问题: 电力系统规模大, 电压监测仪数量和布局可能无法全面覆盖, 存在监测盲区。偏远地区或复杂配电网中, 因监测点设置不足, 可能无法及时发现电压异常, 影响电压无功综合控制效果。

策略: 合理规划电压监测仪布局, 根据电力系统负荷分布、电压等级和重要性等因素, 科学确定监测点位置和数量。偏远或布线困难区域采用无线监测设备扩大监测范围。利用智能电网技术, 根据电力系统运行数据的分析预测, 动态调整监测范围, 确保重点区域和关键节点得到有效监测。新建城市开发区, 根据规划提前合理布局; 山区输电线路采用太阳能供电的无线电压监测仪。

(三) 系统兼容性问题

问题: 电压监测仪需与电压无功综合控制系统及其他电力系统设备通信交互数据。不同厂家设备在通信协议、数据格式等方面存在差异, 导致系统兼容性问题, 影响数据传输共享, 阻碍控制策略有效实施。

策略: 制定统一通信协议和数据标准, 要求设备厂家按标准生产设计, 确保设备兼容性。建立中间接口转换装置, 转换适配不同协议和格式的数据。加强设备选型采购管理, 优先选择兼容性好的设备。电力系统设备采购时, 明确要求设备支持通用通信协议, 如 IEC 61850; 对已有不兼容设备, 加装协议转换模块实现互联互通。

六、结论

在电力系统中, 电压无功综合控制策略和电压监测仪的作用是不可缺的。电压无功综合控制策略通过精确地调节无功功率, 确保了电网电压的稳定性, 同时提高了电能的质量, 并增强了整个电力系统的稳定性和抗干扰能力。而电压监测仪则通过其精确的测量、详实的数据记录和存储以及及时的报警功能, 为控制策略提供了坚实的数据支持, 帮助进行故障的诊断和处理, 并对控制策略的效果进行评估。尽管在实际应用中, 我们面临着数据准确性、监测范围和系统兼容性等方面的挑战, 但通过加强设备的维护和管理、合理规划和布局监测设备、制定统一的技术标准等措施, 我们可以逐步解决这些问题, 进一步提升电压无功综合控制策略和电压监测仪的应用效果。随着电力技术的不断进步和创新, 电压无功综合控制和电压监测技术将不断得到完善, 为电力系统的安全、稳定和高效运行提供更加坚实的技术支持, 从而推动电力行业的持续健康发展。

[参考文献]

- [1] 张晓仙. 基于 PLC 的变电站电压无功综合控制系统分析[J]. 集成电路应用, 2024, 41(11): 204-205. DOI: 10.19339/j.issn.1674-2583.2024.11.094.
- [2] 李勇. 变电站电压无功综合控制设计[J]. 山东冶金, 2022, 44(01): 66-68. DOI: 10.16727/j.cnki.issn1004-4620.2022.01.018.
- [3] 崔倩雯. 变电站电压无功综合控制策略的研究[D]. 河北科技大学, 2021. DOI: 10.27107/d.cnki.ghbku.2021.000516.
- [4] 况华, 何冕, 王红梅, 等. 电压监测仪自检系统研究[J]. 电工技术, 2021, (08): 75-76. DOI: 10.19768/j.cnki.dgjs.2021.08.028.
- [5] 沐欣欣, 王海丽, 尹波, 等. 电压监测仪的检测装置系统结构设计研究[J]. 电力设备管理, 2020, (06): 63+103.