

Research on Automation and Intelligent Transformation Schemes for Distribution Networks

Jianfeng Shi

Beijing Huairou Power Supply Company, Beijing Electric Power Company, Beijing, 101400, China

Abstract

The distribution network serves as the hub connecting power sources and users in the electric power system. Its operational stability and power supply reliability directly impact the quality of electric power service. The existing distribution network faces challenges such as aging equipment and simplistic control modes, which fail to meet the requirements of new power system construction and diversified user electricity consumption. By combining distribution automation technology and Internet of Things (IoT) technology to address the issues of low operational efficiency and slow fault handling in the distribution network, a systematic transformation plan system is established. This includes transformation demand analysis, key technology design, and implementation path planning. It breaks through the technical barriers and execution difficulties of traditional distribution network transformation, achieving automated control, intelligent dispatch, and refined maintenance of distribution network operations. This provides technical support and practical reference for the high-quality upgrading of the distribution network.

Keywords

distribution network; automation transformation; intelligent upgrade

配电网自动化与智能化改造方案研究

史剑锋

北京市电力公司怀柔供电公司, 中国·北京 101400

摘要

配电网是电力系统中联系电源和用户的枢纽, 它的运行是否稳定、供电是否可靠, 直接影响到电力服务质量的好坏, 现有的配电网存在着设备老化、控制模式简单, 不能满足新型电力系统建设以及用户多样化用电的要求。以配电网运行效率低、故障处理慢, 把配电自动化技术和物联网技术结合起来, 创建起一套系统的改造方案体系, 包含改造需求分析、关键技术设计、实施路径规划, 冲破传统配电网改造的技术壁垒和执行难题, 达成配电网运行的自动化控制、智能化调度和精细化的维护, 给配电网高质量升级赋予技术支撑和实际参照。

关键词

配电网; 自动化改造; 智能化升级

1 引言

配电网担负着电力分配和终端供电的主要任务, 配电网技术状况及运行情况同电力系统整体效能以及用户用电体验有着直接联系。由于配电网的建设年代久远、技术投入不足等原因, 仍然沿用传统的运行和控制方式, 设备运行可靠度低, 故障发生之后需要依靠人工排查和处理, 造成停电时间过长, 不能满足现代社会对供电连续性严格的要求。新型电力系统背景之下, 分布式电源大量接入、电动汽车充电负荷急剧上升, 又使得配电网运行变得愈加繁杂且充满不确定因素, 传统的配电网技术不足和运行缺陷也更加明显。

2 改造需求与技术基础

2.1 配电网运行现状分析

现有的配电网运行现状存在着许多亟待解决的不足, 设备方面大多存在老化失修的情况, 部分终端设备缺少有效的状态监测手段, 容易造成绝缘性能下降、接触不良等状况, 从而增大了故障发生的几率。控制模式上仍然以人工操作为主, 缺少自动化控制和远程调控的能力, 运行参数的调整滞后于工况的变化, 造成配电网运行效率低、电能损耗大^[1]。从信息交互的角度来说, 各个阶段的监测数据各自为政, 没有建立起一个信息共享平台, 使得数据传输存在明显的延迟现象, 无法做到对配电网运行状况实施即时的监测并作出准确的预测判断。故障处理环节缺少自动化的故障定位和隔离方式, 故障发生之后需要人工逐段排查, 不但会延长停电时间, 还会加大运维人员的工作负担, 而且容易因为排查不及

【作者简介】史剑锋(1971—), 男, 中国北京人, 高级技师, 从事电气、电力研究。

时而造成连锁故障。

2.2 自动化改造核心目标

配电网自动化改造把提高运行可靠性、控制效率作为主要目的,集中于故障处理、运行调节、设备保养这三个方面。从故障处置的角度来讲,可以达到自动识别、精准定位、快速隔离的效果,缩减了停电的范围,提升了配电网自愈的能力,冲破了传统的依靠人工处置的滞后性困境。从运行调控角度出发,创建自动化调控体系,对配电网运行参数展开实时监测并实施动态调节,改善潮流分布状况,削减电能消耗,加强配电网运行的经济性和稳定性。从设备运维角度出发,对终端设备运行状况实施在线监测并发出故障警报,采用状态检修的办法来缩减无谓的检修开支和设备损耗,从而提升设备的使用寿命^[2]。

2.3 智能化升级技术架构

配电网智能化升级技术架构采用分层架构设计,包含感知层、通信层、平台层和应用层,各个层次之间互相配合、相互影响,从而达到对配电网运行全过程进行智能化控制的目的。感知层是数据采集的核心,安装各种智能监测终端,包括馈线终端、智能开关、电能质量监测设备等,对配电网运行参数、设备状态、环境条件等各方面数据进行实时采集,数据采集精度直接影响智能化管控的效果,底层感知元件的选型要兼顾抗干扰能力和运行稳定性,防止由于环境干扰造成数据失真。通信层完成数据传输工作,搭建起高速、稳定的配电网物联网通信网络,使感知层的数据可以及时传送到平台层。

3 关键改造方案设计

3.1 馈线自动化终端布点优化

馈线自动化终端布点优化要联系配电网拓扑结构、负荷分布和故障发生规律,抛弃传统的均匀布点方式,达成终端布点的精确化和合理化。馈线主干线布点要覆盖负荷密集区和故障多发路段,保证可以迅速发现馈线运行状态异常,终端间距要根据馈线长度和负荷分布动态调整,防止布点过密造成成本浪费或者布点过疏造成故障定位精度不够^[3]。分支线路的布点要集中在分支与主干线连接处以及负荷集中的地方,保证分支线路故障可以很快被识别并隔离,防止故障蔓延到主干线。终端选型要首先选择具有远程控制、状态监测和数据传输功能的智能终端,使它能同配电网物联网通信网络相连接,保证终端数据可以及时传送到主站系统。

3.2 智能开关与保护协同配置

智能开关和保护协同配置是提高配电网故障处置能力的关键部分,智能开关的选择要依据配电网的电压等级以及运行状况,选择具有自动分合闸、故障检测、远程控制功能的设备,在发生故障的时候可以迅速做出反应,完成故障的隔离工作。保护装置的配置要和智能开关相配合,建立分级保护体系,根据故障类型及严重程度来准确地发出保护动

作信号,防止出现保护误动或者拒动的情况。接地保护和短路保护要一起配置,接地保护主要实现接地故障的快速定位和隔离,缩小故障范围,短路保护主要针对短路故障的快速切断,防止故障扩大造成设备损坏。保护参数的设定要依据配电网运行特点来开展动态调节,适应分布式电源接入所引发的潮流变动,保证保护装置在各种情况下都能维持稳定的性能。

3.3 配电网物联网通信组网方案

配电网物联网通信组网方案要兼顾覆盖范围、传输速率和可靠性,建立“主干网+接入网”两层通信结构,主干网使用光纤通信技术,实现主站系统同各个区域汇接点之间高速数据传输,支撑起海量监测数据的及时上传以及指令下达,光纤通信选型要考虑到传输距离和抗干扰性能,在复杂的电磁环境中也能保持稳定地传输。接入网采用无线通信技术和光纤通信技术相结合的方式,对偏远地区或者布线困难的路段使用无线通信技术,降低施工成本,对负荷密集区或者核心节点使用光纤通信技术,提高传输速率和可靠性。

3.4 主站系统数据分析平台

主站系统数据分析平台是配电网智能化管控的主要载体,要整合配电网全过程监测数据,创建一体化的数据管理及分析体系。数据整合层面,对感知层各种终端的数据、配电网运行参数、设备状态数据、故障记录数据等进行统一接入和存储,形成标准的数据格式,消除数据孤岛,保证数据的一致性、完整性。从数据分析的角度出发,创建起多维度的数据分析模型,从而达成对配电网运行状况的即时评判,开展故障预知以及负荷预估工作,借助数据挖掘来找出配电网运行中的薄弱之处,提前预见故障出现的风险,给运维决策给予数据支持。功能模块分为运行监测、故障诊断、负荷调度、运维管理等部分,可以对配电网运行全过程进行可视化控制,满足运维人员随时查看配电网运行情况,及时发现并处理故障和异常的要求。平台性能要满足海量数据处理的要求,改进数据处理算法,缩减数据响应时间,保证数据分析成果的及时性和精确性,而且具有较好的扩展性,能支撑后续功能更新和技术更替。

4 实施路径与保障措施

4.1 分阶段改造实施流程

配电网自动化和智能化改造采取分阶段推进的方式,防止因为急于求成而引发施工混乱、成本失控的情况发生,第一阶段以核心区域改造为主,首先集中力量对负荷密集、故障多发的城区配电网进行改造,主要工作是做好馈线自动化终端的布点、智能开关的安装以及通信网络的搭建,从而达成核心区域故障的自动处理和实时监控,提升核心区域供电可靠性。第二阶段推进全域覆盖改造,把改造范围扩大到郊区和偏远地区,完成剩余配电网终端设备的升级、通信网络的扩展和主站系统的优化,实现配电网自动化、智能化全

覆盖,建立统一的管控体系。第三阶段为优化提升阶段,根据前期改造中出现的问题,对终端布点、通信组网、数据分析模型等进行优化完善,强化智能化应用的功能,提高配电网运行效率和管控精度。每一个阶段结束之后要进行验收工作,主要检验改造的质量和功能是否达到要求,验收合格后才能进入下一个阶段,保证改造工作的顺利进行。

4.2 设备选型与兼容性测试

设备选型要遵循“技术成熟、性能可靠、适应性强、成本经济”的准则,选择那些经过实践检验、符合行业标准的设备,防止选用技术落后或者不能够互相配合的产品,保证设备运行稳定和使用寿命。智能终端、智能开关、通信设备等主要设备的选型要根据配电网改造的要求和运行情况来确定,明确设备的性能参数和技术指标,保证所选设备可以满足配电网通信网络和主站系统的要求。兼容性测试属于设备选型及安装之后的重要部分,主要针对不同厂家设备之间互联互通的情况加以测试,对终端设备同主站系统以及通信网络之间的数据传输是否兼容进行验证,防止出现由于兼容性问题而使设备无法正常工作的情形发生。测试时要模拟不同的运行工况,检测设备在极端情况下性能表现,找出设备存在的隐患和缺陷,对测试不合格的设备进行更换或者优化,保证改造后的设备可以稳定、可靠地运行。

4.3 运维人员技能培训体系

运维人员技能水平直接影响到改造后的配电网运维质量及管控效果,要建立完善的技能培训体系,提高运维人员的技术能力和操作水平。培训内容包含自动化设备操作、通信网络维护、主站系统应用、故障诊断与处理等内容,按照改造方案及设备特点来制定有针对性的培训计划,避免培训内容脱离实际需求。培训方式以理论教学和实操训练相结合的方式,理论教学主要讲授改造技术原理、设备性能参数及运维规范,实操训练主要针对设备操作、故障排查等实际技能展开,提高运维人员的实操水平。创建常态化的培训体系,定时举行技能考核及交流活动,检验培训成果,对考核不及格的人员展开专门培训,保证每一个运维人员都可娴熟地掌握有关技能。

4.4 改造成本与效益测算

改造成本测算要包含设备购置费、施工安装费、技术调试费、人员培训费等全部相关费用,建立完善的成本核算体系,确定各个成本项目的构成及标准,防止由于成本核算不全面造成预算超支。设备采购成本要依据设备选型方案,计算核心设备和辅助设备的采购费用,优先选择性价比高的设备,控制采购成本;施工安装成本要按照改造范围和施工难度来核算施工人员、施工材料、施工机械等有关费用;技术调试成本要核算调试人员、调试设备、调试耗材等费用;人员培训成本要核算培训师资、培训材料、培训场地等费用。效益测算要以长期运行效益为重点,包括电能损耗下降、故障处理费用削减、运维效率改善、供电可靠性提高等各个方面,用改造前后运行数据对比分析来确定改造的直接效益和间接效益,进而得出改造项目经济价值和社会价值。成本和效益测算要遵循客观、准确的原则,给改造项目决策和推进赋予科学支撑,保证改造项目在控制成本的基础上达成效益最大化。

5 结语

配电网自动化和智能化改造是促进配电网高质量发展的关键措施,也是适应新型电力系统建设的重要途径,它依靠技术更新和模式变革来克服目前配电网运行的不足,从而达成配电网运行的自动化、智能化以及精细化管理。关键改造方案的设计要结合配电网运行状况和改造要求,改善馈线自动化终端布置、智能开关和保护协同安排、配电网通信组网以及主站系统数据分析平台,创建起科学合理的改造体系。

参考文献

- [1] 张晓芳. 电力工程中的智能配电网与照明控制系统的融合研究[J]. 中国照明电器, 2025, (10): 151-153.
- [2] 商哲. 新型电力系统赋能配电网数字化转型的有效策略[J]. 电气技术与经济, 2025, (10): 302-305.
- [3] 安冬,安震,郑思慧. 人工智能在电力配电网工程安全管理中的应用[J]. 电子技术, 2025, 54 (10): 288-289.