

面向新能源接入的配电网保护配置关键点研究

彭运辉

杭州派格电力设计有限公司, 浙江 杭州 310000

[摘要]双碳战略推进背景下, 分布式光伏、风电等新能源大规模并入配电网, 彻底改变传统配电网单向供电运行模式, 电网潮流双向流动、故障电流特性大幅改变, 原有继电保护配置方案难以满足安全运行要求, 极易出现保护误动、拒动、整定失配等问题。本文结合新能源并网运行特征, 从保护层级划分、设备选型、定值整定、防孤岛防护、协同配合等方面明确保护配置核心关键点, 提出适配高比例新能源接入的配电网整体保护配置方案, 优化传统保护运行逻辑与整定方式, 完善线路、母线、并网点全维度保护体系, 有效提升故障判别精度与动作可靠性, 保障有源配电网稳定运行与新能源高效消纳, 可为基层配网改造、继电保护升级提供实践参考。

[关键词]新能源接入; 配电网; 继电保护; 保护配置; 故障特性; 防孤岛保护

DOI: 10.64635/ja.2026.1185

中图分类号: TM77

文献标识码: A

Research on Key Points of Distribution Network Protection Configuration for New Energy Integration

Peng Yunhui

Hangzhou Paig Electric Power Design Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang 310000, China

Abstract: Under the background of advancing the dual-carbon strategy, large-scale distributed photovoltaic power, wind power, and other new energy sources have been connected to distribution networks, completely changing the traditional one-way power supply operation mode of distribution networks. As a result, power flow has become bidirectional, and fault current characteristics have changed significantly. Existing relay protection configuration schemes can no longer meet the requirements for safe operation, making problems such as protection misoperation, failure to operate, and setting mismatch highly likely to occur. Based on the grid-connected operation characteristics of new energy, this paper clarifies the core key points of protection configuration from the aspects of protection hierarchy division, equipment selection, setting value adjustment, anti-islanding protection, and coordination. It proposes an overall protection configuration scheme for distribution networks adapted to high-proportion new energy integration, optimizes the operating logic and setting methods of traditional protection, and improves the full-dimensional protection system for lines, buses, and grid-connection points. These measures can effectively improve fault identification accuracy and operation reliability, ensure the stable operation of active distribution networks and the efficient consumption of new energy, and provide practical reference for grassroots distribution network renovation and relay protection upgrading.

Keywords: new energy integration; distribution network; relay protection; protection configuration; fault characteristics; anti-islanding protection

引言

我国新型电力系统建设进程持续加快, 清洁能源发电产业快速发展, 大量分布式新能源以分散式并网形式接入中低压配电网, 配电网由传统无源辐射型电网逐步转变为多电源有源配电网。新能源发电依托电力电子变流器实现并网运行, 具备出力随机性、波动性、间歇性等特点, 故障状态下输出短路电流幅值低、暂态波形畸变严重, 与传统同步电源故障特性存在显著差异。本文首先梳理新能

源并网基本运行特性, 分析其接入配电网后产生的故障变化规律, 总结传统配电网保护存在的缺陷与不足; 其次划分配电网保护层级, 确定主干线路、分支线路、用户并网点、配电母线等不同区域保护配置原则; 再次重点阐述电流保护、方向保护、差动保护、防孤岛保护、低电压穿越保护等核心保护装置配置关键点; 最后优化保护定值整定方法与各级保护协同配合逻辑, 总结配置实施要点, 对未来配电网保护技术发展方向进行展望。

1 新能源接入配电网运行及故障基本特性

1.1 新能源并网运行基本特征

现阶段接入配电网的新能源主要以分布式光伏、小型分散式风电为主,两类电源均通过逆变器完成交直流转换后接入 10kV 及 0.4kV 配电网。其一,出力不可控,受光照强度、风力大小、天气环境等自然因素制约,日间、昼夜、季节之间出力差值较大,电网负荷与电源出力匹配难度提升;其二,响应速度快,电力电子器件控制响应速度远高于传统发电机组,电网电压、频率出现波动时,新能源出力会快速发生变化;其三,具备故障限流特性,逆变器内置限流控制策略,故障发生时会自动限制输出故障电流,无法像同步发电机提供大倍数短路电流。

1.2 新能源接入引发的配电网故障变化

第一,短路电流特征改变。传统配电网故障短路电流数值大、稳定性强,便于电流保护精准判别动作;新能源接入后,故障点短路电流由主网侧电流与分布式电源侧电流共同组成,整体电流幅值大幅降低,且电流大小随新能源运行状态实时改变,固定数值的保护定值难以适配多变工况。

第二,故障电流流向发生逆转。传统配电网故障电流统一由上级电源流向故障点,潮流方向固定;新能源并网后,故障位置处于新能源下游线路时,分布式电源会反向向故障点输送电流,造成故障电流双向流动,直接导致无方向电流保护出现误动作。

第三,电网暂态干扰加剧。逆变器并网运行过程中会产生谐波分量、直流分量,故障暂态过程中波形畸变问题更加突出,会干扰传统工频量保护的故障判别逻辑,降低保护装置动作灵敏度,延长故障识别时间。

第四,孤岛运行风险大幅上升。当配电网主干线路发生故障跳闸、线路检修停电时,周边并网新能源可与区域内负荷形成独立孤岛供电系统,孤岛状态下线路持续带电,不仅威胁现场检修作业人员人身安全,还会造成电网重合闸合闸失败,扩大停电影响范围。

1.3 传统配电网保护存在的主要问题

传统配电网保护配置模式较为简单,10kV 线路多采用三段式电流保护,低压配电线路仅配置过流、过载保护,整体配置存在明显短板。一是保护整定方式固化,依照固定最大、最小运行方式设定保护动作电流与动作时限,无法适配新能源出力波动带来的工况变化;二是缺少方向判别功能,无法识别双向故障电流,线路故障极易引发越级跳闸;三是低压并网点防护缺失,多数分布式新能源用户

侧仅配置简易断路器,未加装专业防孤岛保护装置,孤岛管控存在漏洞;四是各级保护时限配合混乱,新能源接入后原有时限级差被打破,主保护与后备保护动作逻辑混乱,故障切除效率偏低;五是暂态故障应对能力不足,无法抵御谐波、电压暂降带来的保护误判问题。

2 新能源接入配电网整体保护配置架构

结合配电网网架结构、新能源并网位置与电压等级,构建主干网统筹保护、线路分区保护、并网点专项保护三级分层保护架构,实现故障分层管控、逐级隔离,兼顾保护选择性、速动性、灵敏性与可靠性。

2.1 一级保护:10kV 主干配电网统筹保护

10kV 主干线路作为配电网核心网架,承担区域电能输送与新能源汇集输送功能,属于配电网保护核心层级。该层级保护以快速切除主干线路重大故障、保障区域电网整体稳定为目标,优先配置纵联差动保护作为主保护,搭配自适应方向电流保护作为后备保护,依托通信通道实现线路两端故障信息交互,不受潮流方向、故障电流大小限制,实现区内故障毫秒级快速切除。同时在 10kV 配电母线上配置母线保护装置,及时切除母线短路、接地等严重故障,避免故障扩散至多条出线线路。

2.2 二级保护:分支线路分区保护

将 10kV 分支线路、0.4kV 配电线路按照新能源接入位置划分为电源上游区段与电源下游区段,实行分区差异化保护配置。新能源电源上游线路侧重防范主网故障影响新能源设备安全,侧重配置过电压、低电压闭锁电流保护;新能源电源下游线路重点防控分布式电源反向送电故障,全线加装功率方向判别元件,严格区分正向故障与反向故障,闭锁反向故障保护动作逻辑,杜绝误跳闸问题。对于新能源高密度接入的配电区域,增设区域集群保护装置,实现片区故障统一判别、集中隔离。

2.3 三级保护:新能源并网点专项保护

并网点是新能源与配电网连接的关键节点,也是防控孤岛、反送电风险的核心位置,所有分布式光伏、风电并网用户必须规范配置并网点专项保护装置。该层级保护以隔离故障新能源设备、阻断孤岛运行为核心,统一配置防孤岛保护、故障解列保护、逆功率保护、电压频率异常保护,实现电网异常状态下新能源快速脱离电网,从源头消除孤岛带电、反向送电安全隐患。

3 配电网各类保护装置核心配置关键点

3.1 电流保护配置要点

摒弃传统固定值三段式电流保护配置模式,全面推

广自适应电流保护,依托配电自动化终端实时采集线路负荷电流、新能源实时出力、系统运行电压等运行数据,结合实时运行方式动态修正保护动作电流、动作时限。

瞬时电流速断保护配置时,充分考虑新能源限流作用,适当下调保护动作整定值,同时增设低电压闭锁条件,规避负荷波动、谐波干扰引发的误动作;限时电流速断保护合理调整保护覆盖范围,缩短动作时限,保障相邻线路故障逐级配合;过电流保护优先兼顾线路长期过载能力与最小故障电流,延长后备保护覆盖范围,在主保护失效时可靠切除故障。对于单相接地故障多发的中压配电网,同步完善零序电流保护配置,精准识别线路接地故障,提升配电网接地故障处置能力。

3.2 方向保护配置要点

所有存在新能源并网的配电线路,必须全线加装功率方向保护元件,这是解决双向潮流引发保护误动的核心举措。现场配置过程中优先选用正序功率方向判据,提升复杂故障工况下方向识别精准度,规避弱电源工况下方向元件拒动问题。

明确方向保护动作逻辑,仅判定故障电流由电网侧流向故障点时保护允许动作,判定故障电流由新能源侧反向送出时直接闭锁保护出口。在多条新能源汇聚并网的线路节点,统一规范方向元件整定角度,统一动作判定标准,避免不同支路方向保护动作时序混乱,保障多条支路故障保护有序配合。

3.3 纵联差动保护配置要点

10kV 重要主干线路、新能源集中送出线路优先配置光纤纵联差动保护,该保护不受系统运行方式、故障电流大小、潮流流向影响,是高渗透率新能源接入场景下最优主保护配置方案。

配置过程中保障线路两端保护装置通信通道稳定畅通,选用专用光纤通信模式,降低数据传输时延;统一两端电流采样频率、采样相位,消除采样误差引发的保护误动;合理设置差动电流启动门槛值与制动系数,区分区内故障电流与区外不平衡电流,保障区内故障快速跳闸、区外故障可靠闭锁。对于线路距离较短、投资成本有限的普通分支线路,可简化配置简易差动保护,平衡保护性能与工程建设成本。

3.4 防孤岛保护配置要点

防孤岛保护是新能源并网点必备核心保护装置,也是配电网新能源接入管控的硬性配置要求,配置过程严格遵循双重判据原则,采用主动式检测+被动式判别相结合的

配置模式。

被动式判别依托电网电压幅值、频率变化量进行判定,设定标准电压、频率动作阈值,当电网出现失压、频率偏移超出允许范围时快速启动保护跳闸;主动式采用频率偏移扰动检测方式,主动向电网注入微小扰动信号,精准识别隐性孤岛运行状态,弥补单一被动保护判别盲区。严格把控防孤岛保护动作时限,规范整定动作时间,确保孤岛形成后短时间内完成新能源解列,严禁孤岛长期运行。同时禁止私自停用、短接防孤岛保护装置,强化现场运维管控力度。

3.5 故障解列与异常工况保护配置要点

针对电网电压暂降、频率波动、系统振荡等异常运行工况,在新能源并网点统一配置故障解列保护、高低电压保护、高低频率保护。合理划分保护动作等级,轻微电压频率波动时优先依靠新能源自身控制策略实现稳定调节,超出调节范围后启动解列保护,有序退出并网运行模式。

配置逆功率保护装置,防范新能源出力超出区域负荷需求时出现功率倒送问题,规范配电网潮流输送秩序。同时结合新能源低电压穿越运行要求,合理设置保护延时,在电网短时故障波动期间保留新能源并网运行能力,保障电网故障恢复阶段电源出力稳定,提升电网故障穿越整体能力。

3.6 谐波抑制类辅助保护配置要点

针对新能源并网产生的谐波干扰问题,在新能源集中接入区域配置谐波在线监测与辅助保护装置,实时监测线路三次、五次、七次主要谐波含量。当谐波含量超标影响继电保护正常工作时,及时发出预警信号,严重超标时联动采取限发、解列措施,净化电网运行电能质量,消除谐波波形畸变对工频继电保护的干扰,保障各类主保护、后备保护稳定可靠运行。

4 保护定值整定与各级保护协同配合要点

4.1 优化保护定值整定方法

改变传统依靠典型运行方式整定保护定值的模式,采用多工况联合整定方式,分别测算新能源满发、半发、零出力等多种极端运行工况下的短路电流数值,依照最严苛运行条件设定保护定值,确保全工况范围内保护均可靠动作。

简化低压侧新能源保护整定流程,统一 0.4kV 分布式光伏并网点保护整定标准,明确电压、频率、电流各类保护整定值参考范围,方便现场施工调试;中压线路保护依托配电自动化系统实现定值远程可调,根据季节出力变

化、负荷增减情况定期优化修正保护定值,始终保持保护装置最佳运行状态。

4.2 各级保护动作时限协同配合

严格划分主干线路保护、分支线路保护、用户并网点保护动作时限层级,构建清晰的时限配合体系。遵循层级越靠近负荷侧,保护动作时限越短的基本原则,新能源并网点保护动作时限优先于配电线路保护,配电线路后备保护时限高于主保护,上下级线路保护保持固定时限级差。

发生电网故障时,优先由故障就近位置保护装置动作切除故障,最大限度缩小故障停电范围;就近保护拒动时,由上级后备保护按照设定时限延时动作,杜绝多级保护同时跳闸引发大面积停电事故,保障保护动作选择性。

4.3 继电保护与配电自动化协同联动

推动配电网继电保护装置与配电自动化终端、智能开关深度融合,将保护故障判别信号、跳闸动作信号同步上传至配网运维管控平台。依托自动化系统实现故障自动定位、故障区域自动隔离、非故障区域自动恢复供电,把传统被动故障处置模式转变为主动智能运维模式。同时借助大数据统计分析辖区内新能源故障跳闸规律,反向优化区域整体保护配置方案,持续提升配电网运维智能化水平。

5 结论

新能源大规模接入彻底改变配电网故障电流特性与潮流分布规律,传统简易化、固定式配电网保护配置模式已无法适配有源配电网运行需求,极易引发各类电网安全隐患。通过搭建三级分层保护架构,区分主干线路、分支线路、新能源并网点差异化配置继电保护装置,严格落实

电流保护、方向保护、纵联差动保护、防孤岛保护等核心设备配置标准,优化保护定值整定方式与动作时限配合逻辑,能够有效解决新能源接入带来的保护误动、拒动、孤岛运行、反向送电等突出问题。

科学完善的配电网保护配置体系,既可以快速精准切除各类线路短路、接地故障,保障配电网网架安全稳定运行,又能够严格规范分布式新能源并网运行秩序,筑牢电网侧与用户侧双重安全防护防线,在保障电网供电可靠性的基础上,最大限度提升区域新能源消纳能力,完全适配现阶段新型电力系统配电网发展运行需求。未来随着高比例清洁能源、大容量储能设备、柔性负荷广泛接入配电网,配电网运行形态将更加复杂,继电保护工作面临全新挑战。后续配电网保护配置发展将朝着智能化、自适应化、源网荷储协同防护方向持续升级。

【参考文献】

- [1]张宇.分布式新能源接入对配电网继电保护的影响及对策[J].电力工程技术,2023(02):78-83.
- [2]李建明.高渗透率光伏接入配电网保护配置优化研究[J].农村电工,2024(05):36-38.
- [3]电力行业标准.分布式电源并网继电保护技术规范[Z].2023.
- [4]王启明.有源配电网双向潮流下方向保护应用研究[J].电气技术,2023(09):45-49.
- [5]刘浩宇.配电网防孤岛保护配置与现场运维要点分析[J].电力安全技术,2024(03):22-25.

作者简介:彭运辉(1989.09—),女,汉族,湖南人,本科,中级工程师,能源。