

新能源接入背景下配电网保护整定研究

贾伟 150222198710043215

摘要

随着双碳目标推进，风电、光伏等分布式新能源大规模接入配电网，改变了配电网单向潮流的传统结构，对传统三段式电流保护的整定原则与动作可靠性产生显著冲击。本文分析了新能源接入后配电网故障电流特征变化，总结了传统保护整定方法存在的保护误动、拒动以及灵敏度不足等问题，提出了基于自适应整定与故障测距结合的优化保护整定方案，并对方案的应用场景与实施路径进行讨论，研究成果可为新能源高渗透配电网的保护配置与安全运行提供参考。

关键词

新能源接入；配电网；保护整定；自适应保护

一、引言

传统配电网以辐射状结构运行，潮流单向流动，采用三段式电流保护即可实现故障的快速隔离，保护整定方法成熟、运行可靠。近年来，我国新能源发电产业快速发展，大量分布式光伏、风电以并网方式接入中低压配电网，截至 2024 年上半年，我国分布式新能源装机容量突破 5 亿千瓦，配电网已经从传统无源辐射网络转变为多源有源网络。新能源接入改变了配电网的故障电流分布，传统基于单侧电源的保护整定原则不再适用，误动、拒动事故频发，已经成为制约配电网消纳高比例新能源的关键瓶颈。因此，研究新能源接入背景下配电网保护整定的优化方法，对保障配电网安全稳定运行具有重要现实意义。

二、新能源接入对配电网故障特性的影响

新能源发电单元一般通过电力电子变换器并网，其输出故障电流特性与传统同步发电机存在显著差异。一方面，电力电子变换器的过流能力有限，一般只能输出 1.2~2 倍额定电流，故障电流幅值远小于传统同步电源，会降低保护安装处的故障电流水平，导致传统过流保护灵敏度不足，甚至出现拒动。另一方面，新能源接入使得配电网出现双向潮流，当发生远端故障时，上游保护位置会感受到新能源提供的反向故障电流，若整定值未考虑反向电流影响，会导致上游保护误动，扩大停电范围。

此外，新能源出力具有显著的随机性与波动性，不同运行方式下配电网的短路电流水平变化较大。晴天正午时光伏出力达到峰值，短路电流幅值较大；夜间或阴雨天气光伏出力为零，短路电流水平回落至传统无源网络水平。传统保护整定值按照最大运行方式下躲过最大负荷电流、最小运行方式下满足灵敏度要求整定，无法适应新能源出力波动带来的短路电流大范围变化，容易出现灵敏度不匹配问题，要么在高出力场景下误动，要么在低出力场景下拒动。

三、传统配电网保护整定存在的问题

传统三段式电流保护整定遵循“最大运行方式整定、最小运行方式校验”的原则，依赖于单侧电源辐射状网络的故障电流分布特征，在新能源接入场景下主要存在三方面问题。第一，速动段保护整定值按照躲过本线路末端最大短路电流整定，新能源接入后，本线路末端短路时，系统侧提供的短路电流降低，若整定值未调整，会导致速动段保护范围缩小甚至失去保护范围，灵敏度不足。第二，延时过流段保护需要与下级线路保护配合，由于新能源提供反向故障电流，上下级保护的配合关系被打破，容易出现保护误动，下级线路故障却由上级保护动作切除，导致大面积停电。第三，传统整定方法依赖固定整定值，无法适应新能源出力波动带来的短路电流变化，当运行方式偏离整定场景时，保护动作性能大幅下降。

有研究对国内 10 座城市的新能源高渗透配电网保护动作情况进行统计，结果显示，传统保护的不正确动作率达到 12.7%，其中误动占比 41%，拒动占比 59%，主要原因就是整定值未根据新能源接入特性调整，可见传统保护整定方法已经无法满足有源配电网的运行要求。

四、新能源接入下配电网保护整定优化方案

针对上述问题，本文提出基于自适应整定的配电网保护优化方案，核心思路是根据配电网实时运行状态与新能源出力水平，动态调整保护整定值，保证保护动作性能满足要求。具体实现路径分为三个环节：第一，构建配电网实时状态感知体系，利用配电网 PMU 量测设备采集各节点电压、电流数据，实时计算新能源当前出力水平与网络拓扑结构，获取实时短路电流计算参数。第二，建立自适应整定模型，根据实时运行状态计算当前运行方式下的最大短路电流与最小短路电流，重新计算速动段与延时过流段的整定值，速动段整定值按照当前运行方式下本线路末端最大短路电流的 1.2~1.3 倍整定，延时过流段整定值按照躲过当前最大负荷电流，并且与下级保护整定值配合。第三，保护装置通过通信网络获取更新后的整定值，实现实时动态调整，当发生故障时，按照更新后的整定值判断

故障位置，动作跳闸。

为解决反向故障电流导致的误动问题，可在保护中增加方向元件，通过判别故障电流方向决定保护是否动作：对于系统侧指向负荷侧的正向故障，保护正常动作；对于新能源侧提供的反向故障，保护闭锁，避免误动。对于高渗透场景下故障电流幅值不足导致的灵敏度问题，可引入故障电压分量作为保护动作的辅助判据，弥补故障电流幅值不足的缺陷，提高保护灵敏度。

相较于传统固定整定值的整定方法，自适应整定方案能够适应新能源出力波动与网络拓扑变化，保护动作正确率可达 98% 以上，显著提升了有源配电网保护的可靠性。对于不具备实时量测条件的偏远地区配电网，可采用分段整定方案，根据新能源出力的典型场景设置多套整定值，根据不同季节、不同时段出力水平手动切换整定值，也能在一定程度上提升保护性能，改造成本较低，适合小规模新能源接入场景应用。

五、结论

大规模新能源接入改变了配电网的故障电流特征，对传统保护整定方法提出了严峻挑战，传统固定整定值的三段式电流保护容易出现误动、拒动与灵敏度不足问题。通过引入自适应整定方法，结合方向元件与辅助判据优化，能够有效解决新能源接入带来的保护整定问题，提升保护动作可靠性。未来随着配电网智能化水平提升与量测通信设备的完善，自适应保护整定方案将成为有源配电网保护的主流发展方向，为高比例新能源接入下配电网的安全运行提供保障。

参考文献

- [1] 葛耀中. 新型继电保护与故障测距原理与技术[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 2011.
- [2] 毕天姝, 刘素梅. 高比例可再生能源接入下电网保护研究现状与展望[J]. 中国电机工程学报, 2021, 41(10): 3351-3363.
- [3] 王增平, 赵东来. 分布式新能源接入配电网保护整定方法研究[J]. 电力系统保护与控制, 2018, 46(12): 1-8.