

电力工程中新能源并网对配电网继电保护影响及对策研究

潘畴宇 王 健

中国华电集团贵港发电有限公司 广西 贵港 537103

摘 要：新能源并网规模持续扩大，其间歇性、波动性及电力电子变流器并网特性，对配电网继电保护产生深刻影响。本文分析新能源出力波动、接入位置、并网拓扑及控制策略对保护动作、范围、配合与特性的影响，提出保护装置选型优化、整定计算调整、通信协同机制构建及运行维护体系优化方向，构建分层分区、差异化、协同联动及应急处置保护策略体系，为新能源并网下配电网继电保护优化提供理论支撑与实践参考。

关键词：新能源并网；配电网；继电保护；影响机制；优化策略

引言：电力工程中，新能源并网成为推动能源转型的关键力量。太阳能光伏、风力发电等新能源依托电力电子变流器接入配电网，改变了传统配电网的单电源辐射结构，带来短路电流特性、故障特征及运行方式的深刻变化。配电网继电保护作为保障电网安全运行的核心环节，面临保护拒动、误动及配合失效等挑战。深入研究新能源并网对配电网继电保护的影响机制，提出适配新能源特性的保护优化策略，对提升配电网运行稳定性、促进新能源消纳具有重要意义。

1 新能源并网与配电网继电保护基础理论

1.1 新能源类型及并网特性

当前并网应用的新能源主要包括太阳能光伏发电、风力发电、水力发电、生物质能发电及地热能发电等类型。太阳能光伏发电依托半导体材料光伏效应实现能量转换，分为晶硅与薄膜两种技术路线，并网方式涵盖集中式、分布式及混合式三种配置^[1]。风力发电分为陆上与海上两类，通过可变桨距、主动偏航等技术提升风能利用率，借助柔性直流输电技术优化并网稳定性。各类新能源均呈现显著的间歇性与波动性，且多通过电力电子变流器并网，并网时故障电流幅值被变流器限制，通常仅为额定电流的1.2-2倍，同时含有大量高次谐波，电流相位可随控制策略调整发生偏移，与传统同步发电机并网特性存在本质差异。

1.2 配电网继电保护工作原理

配电网继电保护是通过检测配电网运行中的故障信号，快速识别故障类型与范围，发出跳闸指令隔离故障区段，避免故障扩大的技术体系，核心需满足选择性、快速性、灵敏性与可靠性四大要求。其工作核心是通过各类传感器采集配电网电压、电流等电气量，经信号处

理提取故障特征，依托预设保护判据判断故障与否。传统配电网继电保护多采用阶梯型时限配合方式，基于工频故障特征设计，随着技术发展，微机保护装置逐渐普及，动作时间可缩短至0.2秒，同时融合信息通信技术与边缘计算能力，实现故障的快速感知、精准识别与就地隔离，突破传统保护就地测量、就地判断的局限。

1.3 新能源并网与配电网继电保护的关联逻辑

新能源并网与配电网继电保护存在紧密且相互影响的关联逻辑，新能源并网直接改变配电网的短路电流特性与故障特征，进而影响继电保护系统的动作性能。新能源的间歇性与波动性导致配电网运行方式频繁变化，短路容量随之波动，使得传统按固定场景整定的保护定值难以适配，可能引发保护拒动或误动。变流器并网带来的故障电流幅值降低、相位畸变及谐波含量增加等问题，导致传统基于基波电流幅值和相位差的保护判据失效，破坏上下级保护的配合关系。同时，新能源机组的低电压穿越能力要求，会进一步改变机组输出电流特性，干扰相邻线路保护动作逻辑，因此需基于新能源并网特性优化继电保护原理与策略，实现二者协同运行。

2 新能源并网对配电网继电保护的影响因素分析

2.1 新能源出力波动性对保护动作的影响

新能源出力波动性源于自然资源的天然随机性，光伏出力受光照强度、环境温度、大气透明度影响，风电出力与风速、风频、风况高度相关，此类波动呈现间歇性、随机性与周期性特征。出力波动直接改变配电网潮流分布，导致短路容量非线性变动，传统继电保护定值多依据固定运行场景整定，难以适配动态变化的短路电流水平^[2]。出力骤增时，短路电流幅值可能超出保护整定上限引发误动，造成非故障区段隔离；出力骤减时，短

路电流幅值低于保护动作阈值导致拒动,故障无法及时隔离并扩大。出力波动还会引发电压波动,干扰保护装置电气量信号检测精度,进一步影响保护动作的灵敏性与可靠性。

2.2 新能源接入位置对保护范围的影响

新能源接入位置的差异会重塑配电网的故障电流分布规律,进而改变继电保护的動作范围。新能源机组靠近配电网电源侧接入时,其提供的故障电流会叠加至原有短路电流中,改变短路电流的幅值与流向,可能导致上级保护装置的動作范围扩大,下级保护動作范围缩小,出现保护越级跳闸情况,扩大停电影响范围。新能源机组靠近负荷侧接入时,机组自身容量有限且距离故障点较远,提供的故障电流不足,难以满足保护装置的灵敏性要求,保护装置无法有效识别故障信号,易出现拒动问题。不同接入位置还会改变配电网的等值阻抗分布,使得保护装置测量得到的阻抗值偏离预设整定范围,影响保护动作的精准性,进一步加剧保护范围与实际故障场景的不匹配程度。

2.3 新能源并网拓扑结构对保护配合的影响

新能源并网拓扑结构主要涵盖集中式、分布式与混合式三类,不同拓扑架构对配电网继电保护的配合关系产生差异化影响。集中式并网拓扑下,新能源机组集中接入配电网主干线路,故障发生时短路电流集中分布,打破原有配电网的短路电流梯度分布特征,破坏上下级保护装置的阶梯时限配合逻辑,易导致保护配合失效。分布式并网拓扑下,新能源机组多点分散接入配电网,形成多电源供电模式,故障电流的流向呈现多样化与复杂化特征,传统辐射式配电网的保护配合逻辑无法适配此类拓扑结构,易出现保护误动或拒动问题。混合式并网拓扑融合集中式与分布式拓扑的特点,新能源机组既有集中接入也有分散布局,故障电流分布规律更为复杂,保护配合需兼顾不同接入方式的故障特征,进一步提升了保护配合的难度,对保护装置的适应性与协同性提出更高要求。

2.4 新能源控制策略对保护特性的影响

新能源机组通过电力电子变流器并网,变流器控制策略直接决定机组输出电气特性,进而影响保护动作特性。恒功率控制模式下,故障时变流器快速调整输出电流,导致电流幅值与相位异常,传统基于基波电流幅值与相位差的保护判据难以准确判断故障。恒电压控制模式下,机组优先维持并网点电压稳定,故障时输出电流出现相位畸变,破坏基于相位特征的保护动作逻辑。恒电流控制模式下,变流器将故障电流限制在额定范围,

远低于传统同步发电机故障电流,传统过流保护因无法检测有效故障电流而拒动,控制策略动态调整还会改变谐波含量,干扰保护信号检测与故障识别。

3 适配新能源并网的配电网继电保护优化方向

3.1 保护装置选型优化思路

保护装置选型优化需围绕新能源并网后的故障特征,突破传统装置的性能局限,提升装置对复杂故障信号的适配能力^[3]。选型过程需优先考虑装置的信号检测精度,选用能够精准捕捉低幅值故障电流、高次谐波及相位畸变信号的检测模块,适配新能源变流器并网带来的故障电流特性变化。同时注重装置的灵活适配性,选用支持多保护判据切换、参数在线调整的智能保护装置,可根据新能源出力波动、运行方式变化动态调整工作模式。此外需兼顾装置的抗干扰能力,选用具备强电磁兼容性能的设备,避免新能源并网产生的谐波信号与电磁干扰影响装置正常运行,确保保护装置动作的精准性与稳定性。

3.2 保护整定计算调整原则

保护整定计算调整需摒弃传统固定整定模式,结合新能源并网后的配电网运行特性,建立动态整定机制。整定计算需充分考虑新能源出力波动性带来的短路容量变化,引入动态整定系数,根据实时运行工况调整保护定值,避免定值与实际故障电流不匹配导致的误动或拒动。调整过程需遵循选择性与灵敏性协调原则,优化上下级保护的时限配合逻辑,结合新能源接入位置与拓扑结构,重新划分保护范围,确保故障发生时能够快速隔离故障区段,不扩大停电范围。同时需结合新能源控制策略,针对性调整保护判据,适配不同控制模式下的故障电流响应特性,提升整定计算的合理性与适配性。

3.3 保护通信协同机制构建

保护通信协同机制构建核心是打破传统保护就地动作的局限,依托高速信息通信技术,实现多保护装置、新能源机组与配电网调度系统的信息互通。需搭建可靠的通信网络架构,选用低时延、高可靠性的通信技术,确保故障信号、运行状态信息能够快速传输,为保护装置协同动作提供支撑。构建保护装置间的协同动作逻辑,实现不同区段保护装置的信息共享与动作配合,破解分布式新能源并网带来的故障电流流向复杂、保护配合困难的问题。同时整合新能源机组运行信息与保护动作信息,实现保护动作与新能源机组控制策略的协同调整,提升保护系统的整体响应能力。

3.4 保护运行维护体系优化

保护运行维护体系优化需适配新能源并网后的保护

系统运行特点,建立全生命周期运维模式。运维工作需强化日常巡检力度,重点监测保护装置的运行状态、信号检测精度及通信链路可靠性,及时发现并处理装置老化、参数偏移、通信异常等问题。建立基于大数据分析的运维诊断机制,整合保护动作数据、新能源运行数据及配电网工况数据,实现保护系统故障的提前预判与精准排查,降低故障发生率。同时加强运维人员专业能力培养,提升运维人员对智能保护装置、新能源并网特性及协同保护逻辑的掌握程度,确保运维工作的专业性与高效性,保障保护系统长期稳定运行。

4 新能源并网配电网继电保护策略体系构建

4.1 分层分区保护策略

分层分区保护策略依据配电网电压等级、拓扑结构及新能源接入分布,划分不同保护层级与区域,实现保护范围的精准界定与动作逻辑的分层管控^[4]。按照配电网主干网、分支线路、新能源并网点的层级划分保护单元,不同层级采用适配的保护方式,主干网侧重故障快速隔离,分支线路侧重灵敏性提升,新能源并网点侧重故障抑制与配合。结合新能源接入密度划分保护区域,对高渗透率区域强化保护配置,对低渗透率区域优化保护协同,通过层级与区域的精准划分,避免保护范围交叉重叠,提升故障识别与隔离的针对性,降低保护误动、拒动概率。

4.2 差异化保护策略

差异化保护策略立足新能源并网特性的多样性,针对不同新能源类型、接入位置、控制模式及运行工况,制定个性化保护方案。结合光伏、风电等不同新能源的故障响应特性,调整保护判据与动作参数,适配各类新能源的出力波动与故障电流特征。根据新能源接入位置差异,优化保护定值与动作时限,靠近电源侧强化选择性配合,靠近负荷侧提升灵敏性。结合新能源控制策略差异,针对性设计保护逻辑,适配恒功率、恒电压等不同控制模式下的故障响应,通过差异化设计,让保护策略更贴合实际运行场景,提升适配能力。

4.3 协同联动保护策略

协同联动保护策略打破传统保护装置独立动作的局限,构建保护装置、新能源机组、配电网调度系统间的联动机制,实现信息共享与动作协同。依托高速通信网络,整合各保护装置的运行状态与故障信息,实现不同区域、不同层级保护装置的动作协同,破解分布式新能

源并网带来的故障电流流向复杂问题。联动新能源机组控制系统,保护动作时同步调整机组控制策略,抑制故障电流幅值,减少故障对系统的冲击。联动配电网调度系统,实现故障信息快速上传与调度指令精准下达,优化故障处置流程,提升保护系统的整体响应效率与协同能力。

4.4 应急处置保护策略

应急处置保护策略聚焦新能源并网场景下的各类突发故障,构建快速响应、有效处置的保护机制,降低故障造成的损失。针对新能源出力骤变、短路故障、电压骤降等突发情况,设计专属应急保护逻辑,缩短保护动作时间,快速隔离故障区段^[5]。建立故障应急预判机制,结合新能源出力波动规律与配电网运行工况,提前识别故障隐患,启动预防性保护措施,避免故障扩大。优化故障后恢复策略,保护动作完成后,联动新能源机组与配电网设备,实现负荷有序恢复与系统平稳过渡,提升配电网抗扰动能力与应急处置水平。

结束语

新能源并网对配电网继电保护的影响是多维度且复杂的,涉及出力特性、接入方式、拓扑结构及控制策略等多个层面。通过保护装置选型优化、整定计算动态调整、通信协同机制构建及运行维护体系完善,可有效提升保护系统对新能源并网场景的适配能力。分层分区、差异化、协同联动及应急处置保护策略体系的构建,进一步强化了保护系统的针对性、灵活性与响应效率,为新能源与配电网的协同发展提供了坚实保障。

参考文献

- [1]野创创,候旭亮,郭生辉,等.基于物联网的配电网终端继电保护状态监测方法[J].物联网技术,2025,15(12):46-48.
- [2]贾顺顺,陈兴钰,夏永强,等.光伏新能源并网对继电保护的影响[J].自动化应用,2024,65(S1):56-58.
- [3]李凡,齐蓬勃,弋富国,等.5G技术对新能源接入配电网继电保护的影响及优化[J].制造业自动化,2023,45(08):77-80.
- [4]姜孟宇.5G技术对新能源接入配电网继电保护的影响及优化[J].电气时代,2024(4):46-49.
- [5]黄峰.分布式光伏电站并网对配电网继电保护的影响[J].电力设备管理,2023(1):17-19.