

配电网中性点接地方式对线路保护性能影响研究

朱明

(徐州三新供电服务有限公司邳州分公司)

【摘要】随着电力需求的持续增长，配电网规模不断扩大，结构日益复杂，不同的中性点接地方式在配电网中广泛应用，而线路保护性能直接关系到电网的安全稳定运行。研究接地方式对其影响迫在眉睫，文章聚焦于配电网中性点接地方式对线路保护性能的影响展开研究。分析了不同中性点接地方式下故障特征的差异，探讨其对线路保护动作准确性、可靠性等性能指标的作用机制。通过理论分析与实际案例相结合，揭示了接地方式与保护性能之间的内在联系，为配电网合理选择中性点接地方式及优化线路保护方案提供了重要参考依据。

【关键词】配电网；中性点接地方式；线路保护性能

中图分类号：TM862

DOI：10.13655/j.cnki.ibci.2025.S2.131

Research on the Impact of Neutral Point Grounding Method of Distribution Grid on Line Protection Performance

ZHU Ming

(Xuzhou Sanxin Power Supply Service Co., Ltd. Pizhou Branch)

【Abstract】With the continuous growth of electricity demand, the scale of the distribution grid is constantly expanding and the structure is becoming more and more complex. Different neutral point grounding methods are widely used in the distribution grid, and the line protection performance is directly related to the safe and stable operation of the power grid. It is urgent to study the impact of grounding methods on it. This paper focuses on the research of the impact of the neutral point grounding method of the distribution grid on the line protection performance. The differences in fault characteristics under different neutral point grounding methods are analyzed, and their mechanism on the accuracy, reliability and other performance indicators of line protection action is discussed. Through the combination of theoretical analysis and actual cases, the intrinsic connection between the grounding method and the protection performance is revealed, which provides an important reference basis for the distribution grid to reasonably select the neutral point grounding method and optimize the line protection scheme.

【Keywords】distribution grid; neutral point grounding method; line protection performance

1 引言

配电网是电力系统中的重要环节，其安全、稳定运行至关重要。中性点接地方式作为配电网的关键技术，不同接地方式会导致系统故障后呈现不同电气特征。线路保护是保障配电网安全运行的重要手段，其性能直接受中性点接地方式影响。深入研究配电网中性点接地对线路保护性能的影响，对提高配电网供电可靠性及运行安全性有实际意义。

2 不同接地方式故障特点分析

电力系统中性点接地方式直接决定故障特征，两者的差异主要体现在故障电流大小、电压变化及保护动作逻辑三个关键维度。中性点不接地系统通常应用于10kV以下且电容电流很小的配电网中，在

单相接地情况下故障电流较弱，仅为系统电容电流之和；但在非故障情况下，相对地电压可能会升至线电压水平，并有可能触发间歇性电弧过电压。根据相关规定，此类系统发生单相接地故障时允许运行2h，但需依赖绝缘监测设备。当零序电压超过5V或零序电流超过3mA时，应立即启动预警系统^[1]。

中性点直接接地系统广泛应用于110kV及以上高压系统，380V/220V的低压系统中单相接地即构成短路，故障电流范围可达数百至数千安培。例如220V系统接地电阻为1Ω时，故障电流约为220A。这时非故障相电压比较稳定，过电压风险较小，但保护装置需瞬间跳闸断开故障回路。经消弧线圈接地系统适用于电容电流大于10A的城市电缆网络中，利用电感电流补偿电容电流使残流最小，可迅速扑灭接地电弧，显著降低过电压危害。但为确保补偿

效果,需要定期进行调整。电阻接地系统按接地电阻数值进行分类,高阻接地的限制电流被设定为10A以下,并允许其在短时间内运行;通过低阻接地技术,电流被限制在数百安培的范围内,并配合快速跳闸。当接地电阻为4Ω时,故障电流大约为55A,从而使设备外壳的电位降至安全水平。

3 配电网中性点接地方式对线路保护性能影响

3.1 影响保护动作精度

接地方式直接决定故障特征的形式,也是保护装置对故障类型及范围进行精确判断的依据。中性点不接地系统单相接地故障下故障电流仅为系统电容电流。对10kV架空线路来说,该电流通常为几安至十几安^[2]。而三相短路电流可达几千安,这种巨大差别导致常规过流保护难以精确辨识故障,保护装置易将高阻接地故障误判为正常负荷波动或因电流过小无法起动。中性点经消弧线圈接地时,尽管消弧线圈可对电容电流进行补偿,使得故障点的残流极小,但系统运行方式变化会造成脱谐度增大,会造成中性点位移电压升高。这可能导致非故障相电压上升,并有可能触发保护设备的误操作或拒绝操作。例如,在脱谐度超出5%时,中性点的位移电压可能会超出额定相电压的15%,干扰保护装置的电压判定逻辑(见表1)。

表1 影响保护动作精度

接地方式	故障特征
中性点不接地系统单相接地故障	故障电流仅为系统电容电流
10kV 架空线路	故障电流一般为几安至十几安
三相短路电流	可以达到几千安

3.2 保护动作速动性效果

速动性要求保护装置在故障发生后最短时间内切除故障,以减小设备损坏及停电范围。中性点直接接地及低阻接地系统的速动性最优,因单相接地时故障电流较大且特征明显,采用电流速断保护或零序电流速断保护可实现快速响应^[3]。在10kV系统中,若接地电阻为10Ω,故障电流可超过1000A,保护装置响应时间通常限制在0.01s之内,满足快速响应的需求。中性点不接地系统因故障电流较小,发生单相接地故障时允许继续运行1h~2h。此时保护装置以故障点定位为主要目的,避免不必要停电,故

通常仅发出告警信号而不立即跳闸,速动性最低。中性点经高阻接地系统的速动性处于中间水平,故障电流通常限制在10A~100A。保护装置一般设计为延迟跳闸,延迟时间通常在0.5s~5s,既避免瞬时故障引发误动,又能在故障持续时切断电源。

3.3 配电网中性点接地方式对线路保护性能影响的应对

3.3.1 对保护定值整定策略进行优化

配电网不同中性点接地方式会导致故障电流大小及特性存在显著差异,因此优化保护定值整定策略十分关键。对于中性点不接地系统,单相接地故障下故障点电流以电容电流为主。通常该电流相对较低,介于几安培至几十安培范围内。整定过流保护定值时需考虑此特点,将定值设置在合理范围:既要保证相间短路等故障时可靠动作,还应避免正常工作时由于电容电流波动造成误动作。以10kV中性点不接地配电网线路为例,其过流保护的设定值可被调整为最大负荷电流的1.2倍~1.5倍,而其响应时间可被设定在0.5s~1s之间。对于中性点经消弧线圈接地系统,消弧线圈补偿度将对故障电流大小产生影响。过补偿方式下故障点残余电流极小,通常为1A~5A,这对零序电流保护定值整定精度要求更高。需根据消弧线圈的补偿能力和系统电容电流大小,将零序电流保护定值整定在0.5A~1A范围内,动作时间设定为0.3s~0.5s,以确保单相接地故障时能迅速准确行动(见表2)。

表2 保护定值整定优化

中性点接地方式	故障电流特点	过流保护定值	响应时间
不接地系统	电容电流为主	1.2倍~1.5倍 最大负荷电流	0.5s~1s
消弧线圈接地系统	残余电流小	0.5A~1A	0.3s~0.5s

3.3.2 完善保护装置的配置方案

考虑到不同中性点接地点对线路保护性能的影响,需进一步完善保护装置配置方案。中性点不接地系统发生单相接地故障时,因故障特征不显著,常规过流保护及零序电流保护可能无法精确动作,可配置专用小电流接地选线设备。该设备利用零序电流方向、大小和谐波分量特性实现故障线路精确判断,例如,某小电流接地选线装置选线准确率超过90%,能在故障发生后的1s~2s内准确地识别故障

线路。对于中性点经消弧线圈接地系统,可采取自适应保护装置。该装置能根据消弧线圈实时补偿状态及系统运行参数自动整定保护定值及动作特性。例如当消弧线圈补偿度改变时,自适应保护装置可以在 $0.1\text{s}\sim 0.2\text{s}$ 内调整零序电流保护的设定值,确保保护装置的可靠性和准确性。中性点直接接地系统可加装故障录波装置,该装置能记录故障过程中电压、电流及其他电气量变化,为故障分析及保护动作评价提供详实数据。例如,某故障录波设备的采样频率能够超过 10kHz ,可精确捕捉故障瞬间电气参数变动,记录持续时间为 $1\text{min}\sim 2\text{min}$,完全满足故障诊断标准。

3.3.3 强化故障特征识别技术的运用

强化故障特征识别技术运用,可改善线路保护性能。中性点不接地系统采用零序电流5次谐波分量进行单相接地故障辨识是行之有效的。研究发现,在单相接地故障发生的情况下,零序电流中的五次谐波成分会显著增大,其占基波成分的比例可达 $10\%\sim 20\%$ 。通过对零序电流的五次谐波成分进行检测,能够在故障发生后的 $0.1\text{s}\sim 0.2\text{s}$ 时间里准确地识别出故障的电路。对中性点经消弧线圈接地系统可利用暂态信号进行故障特征识别。故障瞬间产生暂态零序电流、暂态零序电压等大量暂态信号,通过分析这些信号频率、幅值及相位特征,能够准确地判断故障线路。例如,采用小波变换技术分析暂态零序电流,可在故障发生后 $0.05\text{s}\sim 0.1\text{s}$ 内识别出故障特征,实现故障的快速和准确识别。此外,还可与神经网络和支持向量机等人工智能技术相结合,实现故障特征的智能识别。这类人工智能算法可以对海量故障数据进行自动学习与分析,增强故障识别准确性与可靠性。例如,某基于神经网络技术的故障检测系统的识别准确性超过 95% 。

3.3.4 建立接地方式的动态调整机制

建立接地方式动态调整机制,可根据配电网运行状态及故障情况对中性点接地方式进行实时整定,从而改善线路保护性能。配电网正常工作过程中,若系统电容电流较小,采用中性点不接地方式可减小接地故障时故障电流,降低设备损坏程度;当系统电容电流超过一定值(以 10kV 系统为例,电容电流大于 10A)时,可以自动切换到中性点经消弧线圈接地方式,通过消弧线圈补偿作用降低了故障点处

电弧并提高了供电可靠性。当故障出现后,接地方式随故障种类及严重程度变化而动态调节,例如在单相接地故障情况下,若故障点电弧能自熄,则可维持现行接地方式;若电弧无法自熄,则可迅速切换至中性点直接接地方式,使故障电流急剧上升,以实现保护装置的快速动作和故障线路切除,切换过程可以在 $0.1\text{s}\sim 0.2\text{s}$ 内完成,以降低故障给系统带来的不良影响。

实现接地方式动态调整需建立完善的监控系统,该系统应具备实时监控配电网运行状态的能力,包括电压、电流和电容电流等关键参数,并能依据预先设定的准则自动评估接地模式调整的必要性。同时需配置快速可靠的接地方式切换开关装置。例如,通过某种动态接地方法,系统的监测精度能够达到 $\pm 0.5\%$ 的范围,同时切换装置的操作时间也能被限制在 $0.05\text{s}\sim 0.1\text{s}$ 之间,满足系统运行要求。

4 结语

本论文系统地研究配电网中性点接地方式对于线路保护的影响规律,理清不同接地方式故障特征差异及其对各类型线路保护性能产生的具体影响规律。实际配电网规划及运行时,要充分考虑线路保护性能的要求,对各方面因素进行全面权衡,并对中性点接地方式进行合理选择,从而提升配电网整体的运行水平及供电可靠性。今后仍需要对复杂运行条件下接地方式及线路保护之间的相互影响做更深入的研究,并不断地完善相关的理论及技术。

参考文献

- [1] 许智光.考虑不同中性点接地方式并存的主动配电网安全环安全性研究[D].华北电力大学(北京):2024.
- [2] 许汉民.10kV配电网中性点小电阻接地技术的应用[J].大众用电,2024,39(9):41-42.
- [3] 邓涛,孙文林,杜波.配电网不同中性点接地方式接地故障检测原理及保护配置优化[J].电工技术,2025(15):146-149.