

# Exploration of the Collaborative Working Mechanism of Grounding Protection and Differential Protection in Complex Power Grid Environment

Wei Kang

Tianjin Guoneng Jinneng Thermal Power Co., Ltd., Tianjin, 300300, China

## Abstract

For the complex power grid environment, the protection of power grid equipment is particularly important, especially the reasonable application of grounding protection and differential protection and the cooperative working mechanism between them. Against the background of complex power network, this study explores the cooperative working mechanism of grounding protection and differential protection from both theoretical and practical perspectives. By establishing the mathematical model and the power grid simulation environment, the working state of the protection equipment in the complex network environment is analyzed, and then the dynamic characteristics of differential protection and grounding protection under different working conditions are analyzed. The results show that the sensitivity and anti-interference performance of grounding protection and differential protection can be effectively improved, and the safe operation level of power grid equipment can be improved. This result also provides an important theoretical guidance and practical reference for the debugging and optimal configuration of protection equipment in the actual power grid operation.

## Keywords

complex power grid environment; grounding protection; differential protection; collaborative working mechanism; safe operation

## 复杂电网环境下接地保护与差动保护协同工作机制的探索

康伟

天津市天津国能津能热电有限公司, 中国·天津 300300

## 摘要

对于复杂的电网环境, 对电网设备的保护就显得尤为重要, 尤其是接地保护和差动保护的合理运用以及之间的协同工作机制。本研究以复杂电源网络为背景, 从理论和实践角度探索接地保护与差动保护的协同工作机制。通过建立数学模型和电网模拟环境, 分析了保护设备在复杂网络环境下的工作状态, 研究了差动保护与接地保护在不同工况条件下的动态特性。结果表明, 通过协同工作机制, 可以有效提升接地保护和差动保护的灵敏度和抗干扰性, 提升电网设备的安全运行水平。这一结果也为实际电网运行中保护设备的调试和优化配置提供了重要的理论指导和实践参考。

## 关键词

复杂电网环境; 接地保护; 差动保护; 协同工作机制; 安全运行

## 1 引言

随着电力系统的复杂性和规模不断增大, 为保证电网设备的稳定性和可靠性, 对电网设备的保护显得尤为重要。作为两个重要的保护方式, 接地保护和差动保护在维护电力系统正常运行中发挥了重要作用。然而, 在实际的电网运行中, 如何有效地协同接地保护和差动保护, 对防止电网系统故障和维护电力系统稳定运行具有极大的实际意义。本研究就以复杂电源网络环境为背景, 旨在探索这两者的协同工作机制, 在电网保护装置的调试和配置中寻求最佳的接地保护

和差动保护协同策略, 期望通过对这一问题的探索, 给出一种能够提高接地保护和差动保护灵敏度和抗干扰性, 使电网设备的运行更为安全的协同工作机制。

## 2 复杂电网环境下的保护设备工作状态分析

### 2.1 复杂电网环境概述

复杂电网环境是现代电力系统中由于各种因素作用而形成的具有多种不确定性的运行状态, 通常包括大规模非线性负荷、多种电源并网、复杂的网络拓扑结构以及多种电气设备的并存与相互影响<sup>[1]</sup>。伴随着电网规模的不断扩大和运行方式的多样化, 电网中出现了更多的复杂运行工况, 导致电网保护的要求也随之提高。

在复杂电网环境下, 电网的拓扑结构往往不再是简单

【作者简介】康伟(1984-), 男, 中国河北衡水人, 本科, 工程师, 从事电气二次、继电保护研究。

的辐射型，而是呈现出多节点、互联互通的网格化特征。多电源并网带来了不同类型电源的相互协调问题，例如光伏发电、风电、储能系统等新能源的接入，使得电网的动态性能更加复杂和多变。这种多源异构的电网运行环境，对保护设备的快速性、准确性和可靠性提出了更高的要求。

另外，复杂电网环境下的负荷特性也变得更加多样化和不确定。电力负荷不再是简单的线性负荷，更多的是具有非线性特性的负荷，例如大功率电动机、变频器、大型高铁和地铁系统等。这些非线性负荷会在电网中引入各种谐波和干扰，影响电网的正常运行并对保护设备造成一定的干扰和影响，使得接地保护和差动保护的实现难度增大。

复杂电网环境还受到外部环境影响，如极端天气、自然灾害等。这些外部因素往往造成电网的不稳定运行，甚至导致大范围停电的风险，要求保护设备能够快速响应进行有效保护。比如在“冰灾”或者台风等恶劣天气条件下，线路和设备遭受的机械应力大大增加，可能引起接地故障或相间短路等各种故障类型。而保护设备需要能够在这些突发状况下精准识别故障类型和位置，迅速采取保护动作。

信息通信技术的发展，使得电力系统更加智能化。但是，这种智能化的电网也使保护系统面临更大的挑战。现代智能电网中大量依赖通信网络进行信息交互和控制，如若通信网络出现故障或受到外部攻击，也会直接影响电网的保护功能。为了确保复杂电网环境下的运行安全，接地保护与差动保护的协同工作机制显得尤为重要。

复杂电网环境的多样性和不确定性极大地增加了保护设备有效运行的难度。通过深入研究复杂电网环境下的保护设备工作状态，能够为接地保护与差动保护的协同工作机制提供理论依据，并且在实际电网运行中提升电网设备的安全性和稳定性。

## 2.2 保护设备分类及执行的保护功能

在复杂电网环境中，保护设备的分类及其执行的保护功能至关重要。保护设备可以根据其功能和工作原理划分为多种类型，主要包括接地保护、差动保护、过电流保护、过电压保护、失压保护及距离保护等。

接地保护旨在检测电网线路和设备的接地故障。其核心功能是迅速、准确地识别接地故障点并采取相应的断路措施，以避免因接地故障导致的设备损坏和人员伤亡。接地保护通常通过检测电流的零序分量，或者通过电压的变化来识别接地故障的发生。

差动保护主要用于变压器、发电机、母线和电缆等关键设备<sup>[1]</sup>。其基本原理是通过比较保护区域内不同测点的电流差，以便快速、准确地检测电网设备内部的故障。当电网设备某内部出现故障时，差动保护可以迅速判别并切断故障部分，从而有效避免故障扩展。

过电流保护和过电压保护分别针对电流和电压的异常增加进行保护。过电流保护主要通过监测电流的大小来判断

是否超过设备的额定值，当检测到过电流情形时，立即动作以切断负载。过电压保护则通过监测电压水平，实现对电压过高情况的检测和保护，防止设备由于过高电压而受损。

失压保护主要用于识别系统电压过低的状态，尤其是在电压减小到某一设定值以下时，触发保护动作。距离保护用于输电线路的保护，它通过测量输电线路的阻抗来检测线路是否存在故障，并根据故障距离的不同来采取不同的保护动作。

通过合理配置和使用上述各类保护设备，综合应用接地保护与差动保护，可以有效增强电网的运行稳定性和安全性，提升设备的整体保护水平，实现对复杂电网环境的有效管理和保障。

## 2.3 复杂电网环境下接地保护与差动保护的工作状态

复杂电网环境下，接地保护与差动保护的工作状态复杂多变。在复杂电网中，接地保护主要作用是检测并隔离故障接地，防止电气设备因接地故障导致的损坏。接地保护装置通过实时监测电流和电压的变化，迅速响应接地故障，保证系统的安全与稳定。差动保护则用于识别线路或设备内部故障，依靠测量保护区内外的电流差异来实现准确定位和隔离故障。复杂电网环境下，接地和差动保护需协同工作，以提高故障检测的灵敏度与抗干扰能力，从而保障电网的可靠运行。

## 3 接地保护与差动保护协同工作机制的理论探索

### 3.1 接地保护与差动保护的协同工作机制

在复杂电网环境中，电网设备面对多种可能的故障情况，常规的保护措施已不能完全满足其安全性和可靠性的要求。接地保护和差动保护作为两种重要的保护方式，各自具有特定的优点和局限性。为了提高电网保护系统的整体效能，有必要深入探讨接地保护与差动保护的协同工作机制，以期在实际应用中达到更好的保护效果。

接地保护主要通过检测接地故障电流来实现对电网设备的保护，其优势在于能够迅速切除接地故障，防止故障范围扩大。接地保护对小电流接地故障的敏感度有限，且在复杂电网环境中，误动、拒动等现象较为普遍，影响了其稳定性和可靠性。差动保护则是通过比较不同电流互感器的输出电流，检测电气设备两端的电流差异来识别故障。差动保护具有灵敏度高、选择性强的特点，但在面对外部恶劣电磁干扰及复杂电网结构时，其稳定性也可能受到影响。

两者的协同工作机制旨在将接地保护的快速响应能力与差动保护的高灵敏度和选择性相结合。通常，协同工作模式下，接地保护可以作为初级保护，迅速检测并处理接地故障，极差动保护则作为二级保护，进行精确的故障范围定位和确认。这种组合不仅可以在接地故障发生时迅速切除故障部分，减少故障对电网整体运行的影响，还能有效防止误动

和拒动,提高保护的总体可靠性。

在实现协同工作机制的过程中,一个关键的步骤是建立统一的保护控制策略及其协调控制逻辑。该策略需要考虑各种可能的故障类型以及不同工况下保护装置间的相互作用<sup>[1]</sup>。例如,在单相接地故障情况下,接地保护可以立即动作,差动保护则随即进行智能分析,以确认故障点的确切位置并判断是实际故障还是误动信号。若确认为实际故障,差动保护将进行精准定位,进一步隔离故障区域,确保正常部分继续稳定运行。

为了更好地实现协同工作机理,必须对保护装置间的信息交流和数据共享进行优化,特别是在处理高频率、大数据量的故障信息时,要确保实时性和准确性。通过现代的智能化数据采集与分析技术,可以更迅速地处理各种复杂信号,提高保护系统的响应速度和精度。自适应复合保护技术也是一种可行的思路,即根据实时监测数据和历史故障数据,动态调整保护系统的设置参数,以实现最佳的保护效果。

差动保护与接地保护之间的协同工作还需要考虑电网的具体结构和运行方式。例如,在分布式电源接入较多的情况下,需要特别关注各个分布式电源对保护装置的影响,并通过主动调控或调整保护范围来消除这些影响。这样不仅可以确保各个分布式电源的安全运行,还能提升整个电网的整体稳定性。

通过深入分析和优化接地保护和差动保护的协同工作机理,可以在复杂电网环境中实现更高效、更稳定的保护效果。这种协同机制不仅提升了保护系统的整体性能,还为电网安全运行提供了坚实的保障。

### 3.2 不同工况条件下的协同工作动态特性分析

在不同工况条件下,接地保护与差动保护的协同工作动态特性研究旨在揭示其在多种复杂电网情况下的表现及其相互作用机制。通过模拟实现了不同的电网工作状态,全面分析了保护装置的动态响应特性。

在正常工况下,接地保护与差动保护具备高灵敏度和低误报率,通常以独立方式运行。当发生单相接地故障时,接地保护的灵敏度和速度受到考验。在此情况下,差动保护机制则提供了必要的冗余保障,以确保系统整体的稳定性和安全性。此时,差动保护通过比较不同电流信号,实现对故障的精准定位和隔离。

面对双相和三相短路等较为严重的故障工况,接地保护与差动保护的协同工作显得尤为关键。在此类情况下,两

者的动态响应时间以及判断准确性直接决定了故障处理的有效性。研究表明,差动保护能够在故障发生初期先行启动,与接地保护形成时间和空间上的配合,通过准确判断故障位置,提前隔离故障部位,减少误动作率。

在复杂电网运行中,受负荷波动、设备老化和环境变化等多种因素影响,电网保护装置往往面临多样化的工作环境。此时,保护装置必须具备较强的抗干扰能力和自适应性能。研究发现,接地保护与差动保护的协同工作在抗干扰性方面表现优异。通过实时数据交换和反馈机制,两者可以及时调整保护策略,确保电网持续稳定运行。

对动态特性及其协同机制的分析表明,接地保护与差动保护之间具备高度的耦合关系。在复杂环境条件下,通过适当的参数调优和策略融合,可以显著提升保护装置的可靠性和响应速度,增强电网的整体抗风险能力。动态特性分析还揭示了电网运行的潜在风险点,为进一步优化保护机制提供了重要参考。

## 4 结语

本研究从理论与实践两个角度全面深入地探索了复杂电网环境下接地保护与差动保护的协同工作机制。通过建立数学模型和电网模拟环境,详细分析了保护设备在各种工况下的工作状态和动态特性,揭示了差动保护与接地保护协同工作可以有效提高设备的灵敏度和抗干扰性,进而提升电网设备的安全运行水平。我们的研究结果对实际电网运行中保护设备的调试和优化配置有着重要的理论和实践参考价值。然而,需要指出的是,本研究主要是在模拟环境中进行的,而现实中的电网环境更为复杂和多变,不同的电网结构甚至可能会对保护设备的工作性能产生本质的影响。因此,如何将研究成果适应到更为复杂、更具挑战性的电网环境中,将是我们未来需要面临和解决的重要问题。我们也期待着更多的研究者在这一问题上提出新的研究方法和观点,共同推动电网保护技术的发展。

### 参考文献

- [1] 李晓明.大电流接地配电网高阻接地保护方法[J].电工技术,2020(20):63-65.
- [2] 裴雄,钟飞飞,蔡宛达,等.配电网弱故障接地保护与定位方法分析[J].集成电路应用,2023,40(4):122-123.
- [3] 潘春芳.物种保护十年 就地保护与迁地保护协同推进[J].中国林业,2022(10):102-109.