

# 电气主设备继电保护原理与应用

刘朝霞

贵州西电电力股份有限公司鸭溪发电运营分公司, 贵州 遵义 56300

**摘要：** 由于经济的发展以及科学技术的进步（其中就包括了计算机技术和电子方面的技术），电力系统继电保护也经历了多个发展的阶段，尤其是最近的一些年，电力工业得到了迅猛的发展，电力系统的发展方向也朝着单机容量变大、超高压等级等方面靠近。电气主设备继电保护是通过检测电气量（如电流、电压、功率等）的异常变化，快速判断故障类型和位置的自动化装置，并自动切断故障部件或发出报警信号，防止故障扩大，保证非故障部件继续安全运行。随着智能电网、大数据、人工智能等技术的融合应用，继电保护技术正朝着更加智能化、网络化、自适应的方向发展。

**关键词：** 电气主设备；继电保护；原理与应用；存在问题；策略

## Principle and Application of The Relay Protection for the Electrical Main Equipment

Liu Zhaoxia

Guizhou Xidian Power Co., LTD. Yaxi Power Generation Operation Branch, Zunyi, Guizhou 56300

**Abstract:** Due to economic development and advancements in science and technology (including computer technology and electronics), power system relay protection has undergone multiple stages of development. In recent years, the power industry has experienced rapid growth, and the development trend of power systems is moving towards larger single-unit capacities and ultra-high voltage levels. Electrical main equipment relay protection is an automated device that quickly determines the type and location of faults by detecting abnormal changes in electrical quantities (such as current, voltage, and power). It automatically cuts off faulty components or issues alarm signals to prevent fault expansion and ensure the continued safe operation of non-faulty components. With the integrated application of technologies such as smart grids, big data, and artificial intelligence, relay protection technology is evolving towards greater intelligence, networking, and adaptability.

**Keywords:** electrical main equipment; relay protection; principles and applications; existing problems; strategies

## 引言

随着电力工业的快速发展，主要电气设备（如发电机、变压器、高压输电线路等）已经成为保证电网可靠性的关键，继电保护作为电力系统安全的第一道防线，其重要性不言而喻，深入探讨电气主设备继电保护的基本原理、关键技术、最新应用进展和未来发展形势，为提高电力系统保护水平提供理论支持和实践指导。

## 一、电气主设备继电保护的基本原理

### （一）电流保护

作为电气主设备保护系统的基石，电流保护的核心在于对电流特性的准确监测和分析，过流保护作为电流保护的一种基本形式，其工作原理是基于欧姆定律和基尔霍夫电流定律，通过实时监测流经被保护设备的电流值，并与预设的电流阈值进行比较。当监测到的电流值持续超过阈值一定时间后，保护装置判定设备

内部或外部存在短路故障，然后触发保护动作，如断开断路器，隔离故障区域，防止故障电流对设备造成进一步的损害。<sup>[1]</sup> 过流保护不仅适用于低压系统，在高压系统中也有重要作用，特别是需要一定的延时来区分过载和短路故障时。速断保护作为过流保护的补充和加强，其设计初衷是为了快速响应近端的严重短路故障，速断保护的动作时间极短，几乎可以在故障发生的瞬间做出判断并执行保护动作，这是由于其内部快速动作电流阈值和保护逻辑没有延迟或延迟非常短，速断保护的存在大大提高了电网抵

作者简介：刘朝霞（1987.08-），女，汉族，贵州省赤水市，本科，职称：助理工程师。

御突发短路故障的能力，有效限制了故障范围的扩大，保证了电网的稳定运行。<sup>[2]</sup>

### （二）差动保护

差动保护以其独特的工作原理和优异的保护性能，在电气主设备保护领域发挥着重要作用，其基本原理是利用被保护设备两侧（如发电机两侧和变压器两侧等）的电流互感器采集的电流信号来计算两侧通过差动电路的电流之差，即差动电流。正常情况下，由于电流在设备内部形成闭合回路，两侧电流大小相等，方向相反，所以差动电流接近于零，而当设备内部出现故障时，故障点成为新的电流源，导致两侧电流不再平衡，差动电流明显增大，差动保护装置实时监测差动电流，并与设定的动作阈值进行比较，一旦差动电流超过阈值，则判断为设备内部故障，保护动作迅速触发。差动保护具有较高的选择性和灵敏度，能够准确区分内部故障和外部故障，有效避免外部故障误操作造成的停电事故，此外，差动保护具有良好的抗饱和能力和抗干扰能力，能在复杂的电磁环境中稳定工作。<sup>[3]</sup>因此，差动保护广泛应用于发电机、变压器、大型电动机等关键电气设备的保护，成为保障电力系统安全稳定运行的重要技术手段。

### （三）距离保护

距离保护是一种基于阻抗原理的电气主设备保护方法，其核心是通过测量故障点与保护安装处之间的阻抗（或距离）来判断故障位置，进而决定是否实施保护动作。距离保护结合了电流保护和电压保护的优点，能够充分反映故障过程中电流和电压变化的特征，从而实现故障类型的准确识别和故障的准确定位。距离保护中，保护装置首先根据系统参数和线路参数计算故障点到保护装置的理论阻抗值（或距离），然后与实测阻抗值进行比较，当实际阻抗值小于理论阻抗值时，表明故障点在保护范围内，保护装置立即触发保护动作；否则，确定故障点在保护范围之外，保护不动作。<sup>[4]</sup>距离保护不仅能快速切除故障线路，还能有效避免相邻非故障线路的误动，提高电网整体保护水平。此外，距离保护还具有适应性强、保护范围可调的优点，随着电网结构和负荷波动的不断变化，保护装置能根据实时信息自动调整保护参数和策略，保证保护性能的稳定可靠，因此，距离保护被广泛应用于高压输电线路的保护中，成为保障电网安全稳定运行的重要防线。<sup>[5]</sup>

## 二、电气主设备继电保护关键技术和应用

### （一）微机保护技术

微机保护技术是现代继电保护领域的核心驱动力，它深度融合了计算机技术、数字信号处理技术和先进控制理论，为电力系统的安全稳定运行提供了强有力的技术支持，该技术以高性能微处理器或数字信号处理器为核心，结合海量存储和高速通信接口，实现保护逻辑的数字化、软件化和网络化。在微机保护系统中，保护逻辑不再依赖于传统的硬件电路，而是通过软件算法来实现，这种转变大大提高了保护的灵活性和可配置性，工程师可以根据电网的实际运行情况和保护要求，灵活编写或修改保护程

序，调整保护定值，以适应不同的故障类型和运行工况。<sup>[6]</sup>此外，微机保护还具有强大的数据处理能力，能够实时采集、处理和解析来自电力系统的各种电气信息，为快速准确的故障识别提供可靠的数据支持。微机保护技术的另一个显著优点是具有良好的通信接口和联网能力，通过标准的通信协议和接口，微机保护装置可以方便地与变电站内的其他智能装置（如测控装置、录波装置等）进行信息交换和数据共享和远程监控中心，这种信息交换不仅提高了保护系统的整体性能，而且为实现电力系统的智能化和自动化管理提供了可能。

### （二）自适应保护技术

自适应保护技术是现代继电保护技术的重要发展方向之一，旨在提高保护系统对电网运行方式和故障类型变化的适应能力，从而保证保护动作的准确性和可靠性。自适应保护技术集成了先进的传感器、数据采集系统和智能算法，实时监测电网运行状态，并根据监测结果自动调整保护参数和策略，在复杂多变的电网环境中，自适应保护技术可以显著提高保护系统的整体性能。<sup>[7]</sup>比如电网结构发生变化时（如线路切换、变压器分接头调整等），自适应保护能快速识别这些变化，自动调整保护定值，保证保护动作的正确性。此外，在故障类型多样、故障特征复杂的情况下，自适应保护还可以根据故障特征的变化动态调整保护策略，实现对不同类型故障的准确识别和快速切除。自适应保护技术的实现离不开先进的智能算法和数据处理技术，通过使用机器学习和模式识别等人工智能技术，自适应保护系统可以不断学习和优化自身的保护策略，提高保护动作的准确性和可靠性。

### （三）智能电网中的继电保护

在智能电网中，继电保护不再是一个孤立的系统，而是与整个电网的智能化、自动化管理紧密相连，智能电网中的继电保护通过集成传感器、通信网络和智能决策系统，实现了保护信息的快速共享和协同处理，提高了故障识别的准确性和快速性。在智能电网中，继电保护系统通过遍布电网的传感器网络实时采集电力系统的运行状态信息，包括电流、电压、功率等电气信息和温度、振动等非电气信息，这些信息通过高速通信网络传输到智能决策系统进行处理和分析。智能决策系统利用大数据分析和人工智能技术，对信息进行深度挖掘和分析，实现对电网运行状态的全面感知和故障风险的准确预测。当电网发生故障时，智能电网中的继电保护系统能够快速响应并启动保护动作，通过多个保护装置信息的协同处理，可以快速定位和隔离故障。同时，智能决策系统可以根据故障的类型和严重程度，自动调整保护策略，优化恢复方案，最大限度地减少故障对电网的影响，加快电网恢复进程。

## 三、电气主设备继电保护原理与应用存在问题

### （一）技术集成和标准化问题

随着智能电网、物联网、大数据、云计算、人工智能等前沿技术不断涌入电力系统，技术融合成为推动其转型升级的重要引擎，然而，这一过程并非没有障碍。技术系统之间的“孤岛效

应”越来越明显，技术系统之间没有统一的接口标准和通信协议，导致设备之间互操作性差，信息共享效率低，这不仅增加了系统集成的复杂性和成本，还可能导致安全风险。<sup>[8]</sup>标准的滞后成为技术整合的一大障碍，新技术的发展速度往往快于标准的制定速度，导致新技术应用初期缺乏明确的标准来指导实践，不仅增加了技术应用的不确定性，还可能导致市场混乱和恶性竞争。再者，技术集成不仅仅是技术的简单叠加，更是技术之间的深度融合和协同创新，目前在技术创新和融合方面往往缺乏跨学科的合作机制和平台，使得技术创新难以形成合力，发挥应有的效能，此外，技术融合还面临着数据安全、隐私保护等伦理和法律问题，这就要求我们在发展技术的同时，加强相关法律法规的建设和完善。

## （二）网络安全和数据隐私保护受到严峻挑战

电力系统的网络架构越来越复杂，涉及的设备和系统种类繁多，为黑客攻击和病毒入侵提供了更多的机会，关键系统一旦遭到攻击，可能导致大规模停电、设备损坏等严重后果，对国家安全和社会稳定构成严重威胁。数据隐私保护问题日益突出，大数据时代，电力系统积累了大量敏感数据，如用户用电信息、设备运行状态等，这些数据在推动电力系统智能化发展的同时，也面临着被泄露和滥用的风险，数据一旦泄露，不仅可能侵犯用户隐私，还可能引发社会恐慌和信任危机。<sup>[9]</sup>为了应对这些挑战，需要加强网络安全防护技术的研究和应用，提高电力系统的安全防护能力，同时，也需要加强数据隐私保护意识的培养和法律法规的建设与完善，确保用户隐私和数据安全得到有效保障。

## 四、电气主设备继电保护原理与应用策略

### （一）深化技术创新和应用，引领电力体制改革新篇章

在电力系统建设追求卓越的过程中，技术创新不仅是进步的动力，也是引领变革的灯塔，要想在全球能源变革的浪潮中占得先机，就必须深化技术创新，将其融入电力系统的每一个细胞，这不仅意味着对现有技术的简单升级，更意味着从理念到实践的全面创新。将重点关注人工智能、大数据和物联网等前沿技术，并探索其与电力系统的深度融合路径，通过智能化改造，电网可

以实现自主感知、自主学习、自主决策，使电力系统更加灵活、高效、可靠，鼓励跨领域合作，打破传统界限，推动能源、信息、交通等领域的协同创新，共同推动电力系统向智能化、绿色化、服务型方向转变。在技术创新的同时，我们也会注重技术成果的转化和应用，通过建立完善的产学研结合机制，加速科技成果从实验室走向市场，从理论走向现实，这不仅可以提高电力系统的整体性能，还可以促进相关产业链的发展，形成良性循环。

### （二）强化安全管理体系，保护电力安全铜墙铁壁

电力安全是电力系统运行的生命线，是社会稳定和经济发展的基石，为了保障这种安全，必须建立一套严密、高效、全面的安全管理体系，让电力安全成为坚不可摧的铜墙铁壁。从制度建设入手，完善安全法规标准体系。包括制定更加严格的安全生产规范，加强安全监管执法，提高安全标准国际化水平，为电力系统安全管理提供坚实的法律保障和制度支持。加强安全监测预警能力建设，利用云计算、大数据分析等现代信息技术手段，实现电力系统安全风险的实时监测和预警，不仅可以提高我们对安全隐患的敏感度和反应速度，还可以为制定有针对性的预防措施提供科学依据。<sup>[10]</sup>同时，将着力提高应急反应和处置能力，建立健全应急预案体系，加强应急演练和培训，提高各级人员在突发事件中的应变能力和协同作战能力，也将加强与国际社会的合作与交流，共同应对跨境跨领域的电力安全挑战。通过这些努力，确保电力系统在任何情况下的安全稳定运行，为经济社会发展提供有力的电力保障。

## 五、结语

在电器系统主设备的保护之中，继电保护技术是较为重要的一项技术，因为其对电气系统的稳定运行作出了较大的贡献，对电气主设备的保护起到了一个较大的作用。电力系统的容量呈现了一个上升的趋势，范围也是如此，即使继电保护装置有着较多的优势，仅设置系统各个元件的继电保护装置也是难以完成对一些电力系统重大事故的处理。由此，虽然继电保护装置取得了一定的成就，但想要做好电气主设备的保护，还需要以电力系统整体布局作为出发点，来对继电保护技术进一步的研究。

## 参考文献

- [1] 褚方林, 魏雨, 董晶. 谈电气主设备继电保护技术的应用分析 [J]. 工程技术: 引文版, 2016(8):00247-00247.
- [2] 李焯榕. 电气主设备继电保护技术论述 [J]. 科研, 2017(2):00229-00229.
- [3] 刘超. 谈电气主设备继电保护技术分析 [J]. 中国科技投资, 2016(20):0012-0013.
- [4] 杜银景, 刘德建, 闫崇峰. 继电保护技术在电气主设备中的应用 [J]. 环球市场, 2016(24):00205-00205.
- [5] 欧丰华. 电力系统中电气主设备继电保护技术现状与发展实践 [J]. 建筑·建材·装饰, 2019(7):136, 171.
- [6] 周文玲. 电力系统中电气主设备继电保护技术的分析 [J]. 通讯世界, 2015(17):149-150.
- [7] 范尧. 浅谈电气主设备继电保护技术 [J]. 山东工业技术, 2017(21): 210+195.
- [8] 柳叶. 论继电保护技术在电气主设备上的应用 [J]. 现代商贸工业, 2017(22): 189-190.
- [9] 王碧波. 电气主设备中继电保护常见问题及措施分析 [J]. 科技创新导报, 2017, 14(07): 49-50.
- [10] 黄少军. 电气设备继电保护相关技术发展研究 [J]. 通讯世界, 2016(17): 114-115.