[继电保护]

火电厂继电保护配电网系统的可靠性分析与改进

文/郭栋梁
山西鲁晋王曲发电有限责任公司

继电保护作为电力系统的“防护屏障”，其性能直接影响到电力系统的运行安全。然而，传统的继电保护系统在面对短路、过载等突发故障时，存在反应滞后、误动作或拒动等问题，从而影响火电厂配电系统的稳定性。分析火电厂配电网系统的结构和继电保护的主要功能与要求，识别当前系统中存在的主要可靠性问题。该研究为火电厂配电网系统的继电保护优化提供理论和实践支持，对提高火电厂的安全性和供电可靠性具有重要意义。

随着现代社会对电力需求的快速增长，电力系统的稳定性和安全性成为保障社会正常运行的关键因素之一。火电厂作为电力生产的重要组成部分，其配电网系统的稳定性和可靠性尤为重要。然而，在火电厂的配电网系统中，继电保护作为第一道防护屏障，直接影响到系统的安全性和运行效率。继电保护的主要功能是在发生故障或异常状况时，能够快速、准确地切除故障部分，以防止故障扩大，保障电力系统的正常运行。然而，随着火电厂设备规模和系统复杂度的增加，传统继电保护系统面临着新的挑战，如故障检测滞后、误动作和拒动等问题，从而可能引发更为严重的安全事故。

火电厂配电网的继电保护系统主要包括过电流保护、过电压保护和低频保护等基本保护功能。传统继电保护系统多采用电磁型和机电型继电器，受限于技术手段和设备性能，其响应速度、检测准确度和故障处理能力较为有限。这种系统在面对复杂的运行环境和突发故障时，往往难以满足当前火电厂配电系统对继电保护的高标准要求。此外，火电厂配电系统的高负荷运行和高压电气设备的频繁切换，也增加了系统的故障发生率和对继电保护系统的压力。因此，如何提高继电保护系统的可靠性和智能化水平，成为亟待解决的问题。

本文首先对火电厂配电网系统的继电保护需求和现有问题进行详细分析，识别传统继电保护系统在应对复杂故障时的瓶颈。接着，本文探讨数字化继电保护技术的应用，通过改进继电保护装置和优化保护配置，提出一种综合改进方案，以增强系统的稳定性和可靠性。最后，本文通过模拟实验验证改进方案的有效性。实验结果表明，改进后的系统在故障检测速度、隔离能力和整体可靠性方面均得到显著提升。火电厂配电网继电保护系统的基本结构包括互感器、交流输入组件、A/D转换组件、中央处理器（CPU）、开入开出组件、断路器和人机交互组件等部分，如图1所示。互感器通过电缆采集系统中的电流、电压信号，并将这些模拟信号传送到交流输入组件。随后，A/D转换组件将模拟信号转化为数字信号，并将数据送入CPU进行处理。在CPU中，数字信号根据预设的继电保护逻辑进行分析判断，一旦检测到异常或故障情况，CPU将触发控制信号，经过开入开出组件，通过控制回路传递给断路器，进而切断故障线路。同时，人机交互组件用于显示系统运行状态、故障信息，并允许操作人员进行手动控制或参数调整。该结构确保系统

的快速响应与准确控制，有助于提高火电厂配电网的运行可靠性与安全性。

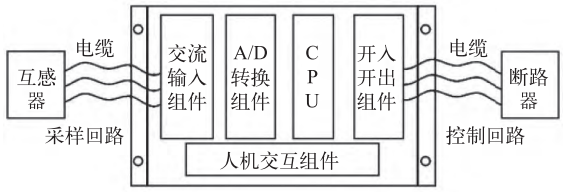

图1　火电厂配电网继电保护系统结构图

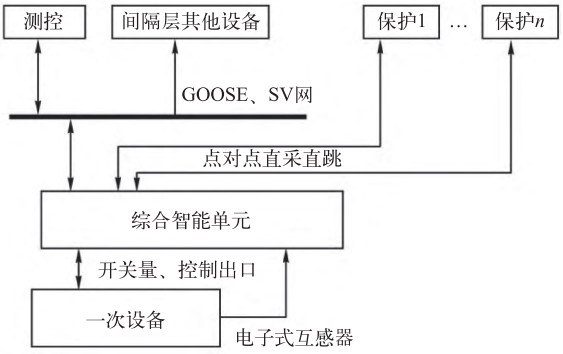

图2　火电厂配电网系统继电保护结构图

火电厂继电保护系统的基本原理

1. 火电厂配电网系统的组成与结构

火电厂继电保护系统是配电网系统的重要组成部分，其主要任务是在电力系统发生故障或异常情况下，迅速切除故障部分，确保电力系统的安全稳定运行。火电厂配电网系统的继电保护系统通过监测、检测和控制一系列设备，能够在故障发生时及时隔离故障点，防止故障扩散，减少对电力系统的冲击。火电厂配电网系统的组成结构包括测控单元、综合智能单元、电子式互感器、一次设备和多层次的保护装置。各组件之间通过GOOSE（通用对象面向的子站事件）和SV（采样值）网络进行通信，如图2所示。在该系统中，电子式互感器用于采集电流、电压等电气量，将这些数据实时发送给综合智能单元。综合智能单元是系统的核心部分，负责对采集的数据进行分析和处理。当检测到异常或故障时，综合智能单元通过开关量和控制输出口将指令传递给一次设备，实现保护动作的触发。例如，当发生短路时，综合智能单元会指示断路器切断故障线路，防止故障蔓延。测控单元用于监控系统的实时状态，负责数据采集和传输，并与其他设备进行信息交互。同时，系统内还设置多个保护单元，如保护1～保护n，用于实现不同类型的保护功能，以适应复杂的电力系统运行需求。GOOSE和SV网络提供高速、实时的通信通道，确保各设备之间能够快速响应，实现点对点直采直跳的控制方式。

火电厂配电网系统通过测控、保护、控制和通信模块的协调工作，形成一个高效、可靠的继电保护系统。该系统在保障火电厂配电网安全运行中发挥重要作用，使得火电厂在故障发生时能够迅速做出反应，提升电力系统的稳定性与可靠性。

2. 配电网系统中继电保护的主要问题

配电网系统的继电保护在实际应用中面临着多种问题，直接影响到电力系统的安全性和稳定性。首先，复杂的网络结构和多节点特性使得故障检测有时滞后，无法快速切除故障点，增加设备损坏的风险。此外，继电保护装置中常出现误动作和拒动作问题。误动作会在无故障情况下切除正常线路，造成不必要的停电；而拒动作则会在故障发生时无法及时切除故障，扩大故障范围。配电网系统中的多级保护装置之间需要合理协调，但如果协调不当，容易产生保护装置间的冲突，导致响应迟缓或线路过度切除。负荷波动和动态变化也增加了继电保护的复杂性，传统的固定设定值难以适应不同负荷条件，可能导致灵敏度不足或误动作。此外，设备老化导致性能下降，尤其是早期的电磁或机电继电器，维护和校验的难度较大，影响系统的整体可靠性。随着智能电网的发展，网络通信在继电保护系统中起到关键作用，但网络安全和通信故障风险也在增加，可能导致保护功能失效或延迟，尤其在分布式保护系统中，网络攻击或通信中断会进一步削弱系统的保护能力。因此，提升继电保护系统的可靠性需要采用先进的数字化装置、智能控制技术和优化保护策略，以有效应对上述问题。

火电厂继电保护系统的改进措施

1. 数字化继电保护装置的应用

随着电力系统规模的扩大和智能化水平的提升，火电厂配电网系统中传统的继电保护装置逐渐暴露出响应速度慢、故障识别准确度低等问题。为提高配电网系统的可靠性和响应速度，数字化继电保护

装置采用微处理器和智能算法，不仅提升故障检测的精确性，还显著增强保护系统的稳定性和抗干扰能力。数字化继电保护装置的基本结构包括合并单元、互感器、光纤通道、光模块、CPU、人机对话组件、智能终端和断路器，如图3所示。在该结构中，互感器负责实时采集电力系统中的电流、电压等电气参数，并通过电缆或光纤将信号传递给合并单元。合并单元将不同来源的模拟信号转换为统一的数字信号格式，并通过光纤通道将这些信号传输至CPU处理单元。在CPU模块中，继电保护装置会根据预设的保护逻辑和控制算法，分析采集到的数据，并识别出潜在的故障。CPU的计算结果会通过光模块传递给智能终端和断路器。一旦识别到故障，系统将迅速触发断路器动作，以切断故障线路，防止故障扩大。人机对话组件在该装置中也发挥了重要作用。操作人员可以通过人机界面对系统进行参数设置、状态监控和故障信息查询，使得系统在出现异常情况时能快速作出反应。数字化继电保护装置还支持远程控制和监测，使得运维人员可以通过远程平台实时获取设备状态，提高维护的效率和安全性。

数字化继电保护装置的应用有效解决传统继电保护设备在响应速度、故障识别准确度和操作便捷性上的不足。通过将采集、分析、控制和通信等功能集成在同一装置中，该系统在减少误动和拒动的同时，极大地提高系统的智能化水平和可靠性，为火电厂配电网的安全运行提供强有力的保障。

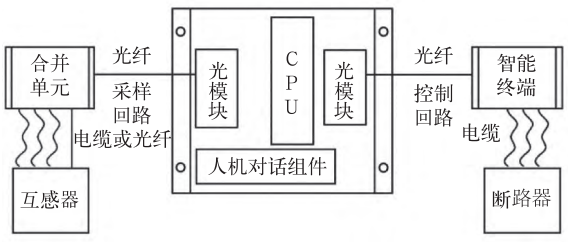

图3　火电厂数字化继电保护装置结构图

2. 改进故障检测与隔离技术

改进火电厂配电网系统中的故障检测与隔离技术是提高系统可靠性和减少停电事故的重要途径。传统的故障检测方法通常依赖于继电保护装置的反应速度和灵敏度，这种方法在复杂的电力系统环境中无法及时、准确地检测并隔离故障。随着数字化和智能化技术的发展，火电厂配电网故障检测与隔离技术正在朝着高准确度、快速响应的方向演进。改进故障检测的关键措施之一是采用先进的数字化继电保护装置，这些装置利用高速微处理器和智能算法，可以实时分析系统中的电气参数变化，迅速判断故障的发生、类型和位置。此外，通过集成现代的信号处理技术（如小波分析、模糊逻辑和神经网络），系统能够对复杂电力信号进行精细分析，提高对不同类型故障的识别能力。对于故障隔离，改进措施包括引入快速断路器和智能分段装置，使系统在检测到故障后能够迅速隔离故障区域，避免故障的扩展。配电网还可以采用自愈技术，即在故障发生后自动识别、隔离故障区域，并重新构建电力供给路径，实现“故障自愈”。另外，光纤通信和以太网技术的引入，使得不同设备之间可以进行高速数据交换，实现点对点的快速通信，从而提高故障响应的整体速度。在数据传输和设备通信方面，应用IEC 61850标准能够保证继电保护装置、控制系统和开关设备之间的互联性和互操作性，为快速检测与隔离故障提供可靠的通信基础。总之，改进的故障检测与隔离技术在提高火电厂配电网系统的故障应对能力方面发挥了关键作用，显著提升系统的运行安全性、稳定性和智能化水平，为电力系统的安全运行提供坚实保障。

结束语

本文针对火电厂配电网系统的继电保护可靠性问题进行深入分析和研究，提出一系列有效的改进措施，以提高系统的稳定性和安全性。随着电力系统规模的扩大和复杂度的增加，火电厂配电网系统的安全运行对整个电网的稳定性具有重要意义。传统的继电保护系统由于反应速度和检测准确度的局限性，难以满足现代火电厂配电网的高标准要求。因此，通过引入数字化和自适应控制技术，并结合冗余设计、优化保护配置等措施，实现继电保护系统的现代化、智能化是必然趋势。本文的研究仍然存在一定局限性，如在更大规模电网中系统的响应性和兼容性等方面需要进一步验证。在未来的研究中，可以结合人工智能和大数据分析技术，进一步提升继电保护系统的预测和自适应能力，以适应不断变化的电力系统需求。EA

（收稿日期：2024-11-21）