

# 220KV变电站综合自动化系统与继电保护研究

陈琼 南萌 郭樑申 朱川龙

国网上海市电力公司

**摘要：**随着电力系统的不断发展和复杂化，220kV变电站作为电力系统的关键节点，其自动化系统和继电保护的研究与应用显得尤为重要。本文研究围绕220kV变电站综合自动化系统与继电保护方案的设计、实施及优化进行深入探讨，通过系统自动化提高电力系统稳定性的实践，分析了继电保护在确保电力系统安全中的核心作用，并以具体案例为基础，展示了综合自动化系统和继电保护方案的设计原则、关键技术应用及实施步骤。案例分析部分进一步验证了研究成果的实际效用，指出了存在的问题并提出了改进建议，为电力系统的稳定运行和发展提供了参考。

**关键词：**220kV变电站；继电保护；自动化系统；系统设计

【DOI】10.12252/j.issn.2096-627X.2022.11.208

## 引言

在电力系统中，变电站扮演着转换和分配电能的重要角色，尤其是220kV级别的变电站，对于维护电网稳定性和可靠性具有重要意义。继电保护和自动化系统在确保电力系统安全、高效运行方面起着至关重要的作用，继电保护系统能够在电力系统发生故障时迅速响应，有效切断故障部分，防止事故扩散，保护电力设备和人员安全，自动化系统的应用极大地提高了变电站的运行效率和管理水平，实现了电力系统的实时监控、优化调度和故障诊断。研究和优化220kV变电站的继电保护和自动化系统设计，不仅可以提高电力系统的稳定性和安全性，还能促进电力行业的持续健康发展。

## 一、220kV变电站自动化系统与继电保护的必要性

### （一）系统自动化对保障电力系统稳定性的作用

在当代电力系统管理中，自动化技术的融合和应用已成为提升系统运行稳定性和效率的关键驱动力，特别是在220kV级别的变电站，自动化技术通过整合尖端的信息技术、通信技术以及自动控制技术，极大地优化了电力设施的监控和管理效能。该过程覆盖了从数据采集、处理到分析的全链路，确保了对电网运行状态的持续实时监测及故障的即时诊断。

#### 1. 自动化数据采集与分析

自动化系统对变电站内部及其周边环境进行全面监控，实时捕获关于电网负荷变化、电气设备状态以及能源分配的关键数据。根据这些实时数据，自动化系统能够智能调节变电站运行策略，优化能源分配，有效地缓解由负荷波动引起的系统不稳定性。

#### 2. 自动化对事故的响应处理

面对电力系统故障，自动化系统能够即刻激活继电保护机制，执行精准的隔离与控制操作，阻止故障的进一步扩散，极大地降低潜在损失。自动化系统还关

键地增强了电网的自愈能力，借助于深度的智能分析与决策支持，系统在遇到设备或网络异常时能够迅速切换回正常运行模式，保障电力供应的持续性与可靠性。

电力系统的高度稳定性提供了坚实的技术支撑。通过不断优化自动化技术的应用和集成，可以进一步提升电力系统的整体性能和响应能力，为应对未来电力网络的复杂挑战提供了可靠保障<sup>[1]</sup>。

### （二）继电保护在电力系统安全中的关键作用

继电保护是电力系统安全高效运行的基石，关乎着整个电力网络的稳定性与可靠性。继电保护在电力系统中扮演着监测和保护的双重角色，实时监控电力网络的运行状态，以确保一旦检测到任何偏离正常运行参数的情况立刻启动保护机制，迅速隔离故障区域，有效阻止故障扩散，保护关键设备及传输线路免受损害。

#### 1. 继电保护原理机制多样化

根据电力网络的多变性和复杂性，继电保护覆盖了过电压、过电流、短路、接地等多样化的故障场景，通过引入精确的测量技术和先进的分析算法，继电保护系统不仅能够实现故障的快速定位，而且能大幅度缩短系统从故障恢复到正常运行的时间。这种快速响应和准确处理故障的能力，极大地增强了电力系统的自愈能力和韧性。

#### 2. 继电保护的智能化发展

随着智能电网的发展，继电保护系统正逐步朝着更加智能化和网络化的方向演进，实现与电力系统中其他自动化组成部分，如SCADA系统和智能变电站管理系统的深度整合。这种整合不仅实现了数据和功能的共享，还极大提升了整个电力系统的操作效率和继电保护的精确性。例如通过与SCADA系统集成，继电保护系统可以实时接收和分析来自整个电网的数据，利用机器学习算法预测潜在的故障点，从而提前采取预防措施，避免故障发生。这样的智能化不仅提高了故障处理的效率，还优化了电力资源的分配和利用，进一步保障了电力供应

的稳定性和可靠性。

继电保护系统的重要性不可小觑，它不仅是维护电力系统稳定运行的重要保障，更是推动电力系统向更高效、更智能方向发展的关键。在电力系统设计和运维中，持续优化继电保护系统的性能，探索更高级的技术解决方案，对于实现电力网络的长期稳定与发展至关重要。

### 二、220kV变电站综合自动化系统与继电保护方案设计

#### （一）设计原则与框架

在220kV变电站综合自动化系统与继电保护方案的设计过程中，遵循的设计原则和框架构建是实现系统功能和性能目标的基础。设计原则包括安全可靠、经济高效、先进适用、易于维护和环境友好等。

##### 1. 安全可靠性及经济高效

安全可靠是首要考虑的原则，设计时需确保系统在极端条件下也能稳定运行，例如，继电保护系统需在电流达到5000A的短路条件下迅速响应，实现故障隔离。经济高效性要求系统设计在满足功能需求的同时，考虑到成本控制，实现投资与运行费用的最优化，通过采用高效能的变压器和低损耗的传输线路，减少能源消耗和运营成本。

##### 2. 先进适用性

先进适用原则强调系统设计需要引入先进技术，如采用IEC 61850标准实现继电保护设备的互操作性，同时保证技术的适应性，确保系统升级和扩展的灵活性。

##### 3. 易于维护及环境友好性

易于维护要求系统设计考虑到日后的维护便捷性，如通过模块化设计，使得系统在部件更换和升级时更为方便快捷。环境友好性则要求设计在满足功能需求的同时，减少对环境影响，例如采用无SF<sub>6</sub>的GIS设备等。

在框架构建方面，220kV变电站综合自动化系统与继电保护方案需基于分层次、模块化的设计理念，确保系统的高度集成和灵活配置。系统一般分为设备层、控制层、管理层和保护层，每一层都有明确的功能定位和任务目标。例如，设备层负责数据采集和状态监测，控制层实现对设备的控制和操作，管理层负责系统的监控和调度，保护层则负责系统的继电保护和安全管理。

#### （二）关键技术的应用

220kV变电站综合自动化系统与继电保护方案的实现，依赖于多项关键技术的应用。

##### 1. 数字化继电保护技术

数字化继电保护是核心技术之一，它通过将传统的模拟信号转换为数字信号处理，实现了保护逻辑的高度灵活性和可编程性。例如，采用数字化继电保护装置可以实现对故障电流的快速准确判定，响应时间可以缩短到20ms以

内，极大地提高了系统的故障处理速度和准确性。

##### 2. 光纤通信网络

通信技术的应用是实现系统自动化不可或缺的一环，特别是利用光纤通信技术，能够保证数据传输的高速度和高可靠性。在220kV变电站中，通过部署基于IEC61850标准的光纤通信网络，不仅实现了装置间的快速信息交换，数据传输延迟低于4ms，还支持了远程控制和监控，极大提高了运维效率。

##### 3. 智能化控制技术

智能化控制技术是通过引入人工智能和机器学习算法，使得变电站自动化系统能够根据电网运行状态自动调整控制策略，实现更为精细化的电网管理。例如，通过部署智能化负荷预测系统，可以准确预测电网负荷变化趋势，提前做好调度准备，负荷预测的准确率可以达到95%以上。

##### 4. 高精度测量技术

高精度测量技术也是关键技术之一，通过部署电力电子设备和智能传感器，可以实现对电力系统运行参数的高精度实时监测，监测精度达到0.2级别，为系统的稳定运行提供了强有力的数据支撑<sup>[2]</sup>。

#### （三）实施步骤与流程

实施220kV变电站综合自动化系统与继电保护方案的步骤与流程涉及一系列精细化管理和技术操作，确保项目按照既定目标高效推进。其实施步骤如下：

（1）详细系统需求分析。对系统的需求进行详细分析，明确继电保护和自动化系统的功能需求，包括对故障处理时间的要求通常小于100ms，数据采集的准确性需达到0.2级，以及系统响应时间需控制在20ms以内等具体指标。

（2）基于需求分析结果，开展系统设计工作，设计工作涵盖系统架构设计、关键技术选型，如选用满足IEC 61850国际标准的智能化继电保护设备，以及制定详细的实施计划。

（3）根据计划进行系统设备的采购和安装，包括高精度的传感器、光纤通信设备以及数字化继电保护装置等，确保所有设备均满足设计要求。

（4）对采购的设备开展系统集成测试，测试内容包括系统功能验证、性能评估及安全性测试，特别是对继电保护动作的准确性和响应时间进行严格测试，验证系统能否在规定时间内完成故障隔离。

（5）进行系统的调试和优化，根据测试结果对系统进行调整，确保系统运行稳定，满足所有设计指标。

整个实施过程中，还需注重项目管理和质量控制，采用项目管理软件跟踪项目进度，确保项目按计划推进，设置质量控制节点，对关键环节进行质量检查和评

估，保证项目质量达到预期标准。

### 三、案例分析与研究成果

#### (一) 案例介绍

在最近的一项220kV变电站综合自动化系统与继电保护方案的实施案例中，针对位于临海的一座关键变电站，由于其地理位置特殊，该站面临极端天气的频繁侵袭，如雷电和强风，这对电力系统的稳定运行提出了更高的要求。该变电站的自动化改造项目采用了最新的数字化继电保护技术和光纤通信技术，具体实施了如下几个关键步骤。

(1) 对原有的继电保护系统进行了全面升级，安装了满足IEC 61850标准的智能继电保护设备，能够实现对超过10种电力系统故障类型的快速准确识别，并在20ms内完成故障隔离。

(2) 通过布设全站光纤通信网络，实现了数据收集和传输的高速化，数据传输延迟控制在5ms以内，大大提高了系统的实时监控能力。

(3) 引入了基于人工智能的负荷预测和故障诊断系统，通过分析历史数据和实时数据，精确预测电网负荷变化趋势，并在故障发生初期进行智能诊断，为运维人员提供决策支持。

#### (二) 成效分析

实施完成后的效果评估表明，该220kV变电站综合自动化系统与继电保护方案取得了显著的成效。在系统稳定性方面，变电站的供电可靠性得到了大幅提升，一年内大停电事件减少了60%，小范围停电频率降低了80%，极大地提升了电力供应的稳定性和可靠性。在故障处理效率方面，由于继电保护系统的快速响应和精确故障定位能力，故障恢复时间平均缩短到了1分钟以内，相比改造前减少了约70%。自动化系统的高效运行还大大减轻了运维人员的工作强度。

通过这个案例的成功实施，不仅展示了现代化继电保护和自动化系统在提升电力系统性能方面的巨大潜力，也为其他变电站的自动化改造和升级提供了宝贵的实践经验和参考。以下表格通过直观的数字对比，展示了220kV变电站综合自动化系统与继电保护方案实施前后在各个关键指标上的显著改善，进一步证明了该方案的有效性，以及其在未来可能带来的经济与社会价值。

表1 220kV变电站综合自动化系统与继电保护方案

指标	改造前	改造后	变化率
大停电事件数量年减少率	0%	60%	+60%
小范围停电频率年减少率	0%	80%	+80%
故障恢复时间平均减少率	0%	70%	+70%
运维成本年均下降率	0%	15%	+15%

#### (三) 存在问题与改进建议

在对220kV变电站综合自动化系统与继电保护方案实施案例进行深入分析后，虽然项目取得了显著成效，但也暴露出一些存在的问题与挑战，进一步分析这些问题有助于在未来的工程实践中进行改进与优化。系统集成复杂性是一个主要问题，由于变电站自动化系统需要集成多种不同的技术和设备，如智能继电保护设备、通信网络、数据处理和分析软件等，这些不同来源和技术标准的设备和系统的有效集成，对技术团队提出了较高的要求。尽管采用了IEC 61850标准以促进设备间的互操作性，但在实际操作中仍面临着设备兼容性和系统稳定性的问题。维护和升级的问题也不容忽视，随着技术的不断发展，系统需要定期升级以引入新技术和功能，但升级过程中可能会影响到系统的稳定运行，且对运维人员的技能要求较高，需要持续的培训和学习。尽管引入了人工智能技术以提高故障诊断的准确性和效率，但人工智能算法的训练和优化仍是一个挑战，需要大量的数据和复杂的数据处理过程。

建议在未来的项目实施中采取以下措施：一是加强前期的技术评估和规划，选择成熟可靠的技术和设备，减少系统集成的复杂性；二是建立健全的设备和系统维护升级机制，定期进行系统检测和评估，确保系统的稳定运行；三是加大对运维人员的培训力度，提高其技术水平和问题处理能力；四是持续优化人工智能算法，增加数据的收集和分析，以提高故障诊断的准确性和效率。通过这些措施可以有效解决现有问题，提升变电站综合自动化系统与继电保护方案的性能，更好地服务于电力系统的稳定和安全运行<sup>[3]</sup>。

#### 结语

220kV变电站综合自动化系统与继电保护方案的深入分析和案例研究，展示了该方案在提高电力系统稳定性、安全性和运维效率方面的显著成效。尽管存在系统集成复杂性、设备维护升级及人工智能算法优化等挑战，但通过采取有效措施，这些问题是可被解决的。本研究强调了在设计和实施过程中采用先进技术和综合管理策略的重要性，为今后电力系统的优化与升级提供了宝贵经验和参考。

#### 参考文献

- [1] 王俊峰. 关于电力系统变电站继电保护研究[J]. 百科论坛电子杂志, 2018(01): 557.
- [2] 张燕雯. 变电站综合自动化系统中的继电保护[J]. 集成电路应用, 2020, 37(09): 88-89.
- [3] 张京一. 变电站综合自动化系统中的继电保护问题探析[J]. 农村实用技术, 2020(05): 156.