

电气工程继电保护系统优化设计

白瑞涛

国家石油天然气管网集团有限公司湖南分公司

DOI:10.32629/etd.v7i4.20296

[摘要] 在电气工程及其自动化领域,继电保护系统是保障电气设备安全稳定运行、防范电气故障扩大、维护电力系统供电可靠性的核心组成部分,其设计合理性与运行效能直接关系到电气控制的精准度和整个电力系统的安全性。随着电气工程向智能化、自动化、规模化方向发展,传统继电保护系统在响应速度、保护精度、适配性等方面逐渐显现不足,难以满足现代电气控制的实际需求。本文立足电气工程及其自动化、继电保护与电气控制行业实际,结合当前继电保护系统应用现状,深入分析传统系统存在的问题,重点探讨继电保护系统的优化设计思路、核心技术应用及实施路径,结合相关实践案例完善设计方案,规范引用真实参考文献,为电气工程继电保护系统的优化升级提供技术支撑和实践参考。

[关键词] 电气工程; 继电保护系统; 优化设计; 电气控制; 电气工程及其自动化

中图分类号: S972.7+4 **文献标识码:** A

Optimised Design of Relay Protection Systems in Electrical Engineering

Ruitao Bai

Hunan Branch, China National Petroleum and Natural Gas Pipeline Network Group Co., Ltd.

[Abstract] In the field of electrical engineering and automation, relay protection systems are a core component for ensuring the safe and stable operation of electrical equipment, preventing the escalation of electrical faults, and maintaining the reliability of power supply. The rationality of their design and operational efficiency are directly linked to the precision of electrical control and the safety of the entire power system. As electrical engineering evolves towards intelligence, automation and large-scale operations, traditional relay protection systems are gradually revealing shortcomings in terms of response speed, protection accuracy and adaptability, making it difficult to meet the practical demands of modern electrical control. This paper is grounded in the practical realities of the electrical engineering, automation, relay protection and electrical control sectors. By examining the current state of relay protection system applications, it conducts an in-depth analysis of the issues inherent in traditional systems. The paper focuses on exploring optimisation design concepts, the application of core technologies and implementation pathways for relay protection systems. Drawing on relevant practical case studies to refine design proposals and citing authentic references, it aims to provide technical support and practical guidance for the optimisation and upgrading of relay protection systems in electrical engineering.

[Key words] Electrical Engineering; Relay Protection Systems; Optimised Design; Electrical Control; Electrical Engineering and Automation

引言

随着我国电力工业的快速发展,电气工程及其自动化技术广泛应用于工业生产、电力传输、民用建筑等多个领域,电气控制的精准度、可靠性要求不断提升。继电保护系统作为电气工程的“安全卫士”,承担着故障检测、故障隔离、故障切除的重要职能,能够在电气设备发生短路、过载、漏电等故障时,快速发出保护指令,切断故障回路,避免故障扩大造成设备损坏、供电中断甚至人员伤亡,是保障电气系统稳定运行的关键环节。

当前,我国电气工程朝着高参数、大容量、智能化方向发展,传统继电保护系统受设计理念、技术水平限制,存在保护精度不足、响应速度滞后、抗干扰能力弱、适配性差等问题,难以适配复杂电气控制场景的需求,制约了电气工程自动化水平的提升。在继电保护与电气控制行业实践中,如何通过优化设计,提升继电保护系统的响应速度、保护精度和抗干扰能力,实现与电气控制系统的协同联动,成为行业内亟待解决的重要课题。

本文立足电气工程及其自动化、继电保护与电气控制行业实际,结合行业应用场景,分析传统继电保护系统存在的缺陷,探讨优化设计的核心思路和技术方法,通过合理的设计优化,提升继电保护系统的运行效能,为电气工程的安全稳定运行提供保障,同时为行业内相关技术研究和工程实践提供参考。

1 电气工程继电保护系统的核心功能与应用现状

继电保护系统是电气工程及其自动化领域的核心组成部分,其核心功能是通过实时监测电气设备的运行参数,快速识别故障类型和故障位置,发出保护指令,切断故障回路,保护电气设备和电力系统的安全^[1]。在电气控制场景中,继电保护系统与电气控制模块协同工作,实现对电气设备的精准控制和故障防控,广泛应用于变电站、工业生产线、高层建筑配电系统等领域。

当前,我国电气工程继电保护系统已基本实现普及应用,多数电气项目均配备了相应的继电保护装置,但在实际应用中仍存在诸多问题,影响了保护效能的发挥。一是保护精度不足,传统继电保护系统采用固定定值设定方式,难以适应电气设备运行参数的动态变化,容易出现误动作、拒动作现象,无法精准区分正常波动与故障信号;二是响应速度滞后,部分继电保护装置的动作时间过长,无法在故障初期快速切断回路,导致故障扩大,造成设备损坏;三是抗干扰能力弱,在工业生产等复杂场景中,电磁干扰、谐波干扰等容易影响继电保护装置的正常运行,导致保护装置误判;四是系统适配性差,随着电气设备的更新升级,传统继电保护系统难以适配新型电气设备的运行需求,兼容性不足,制约了电气控制自动化水平的提升。

此外,在继电保护系统设计过程中,部分设计人员缺乏对行业实际需求的深入调研,设计方案过于理论化,未能充分结合电气控制的实际场景,导致系统设计与实际应用脱节,进一步影响了继电保护系统的运行效能。

2 电气工程继电保护系统优化设计的核心思路与技术方法

2.1 优化设计的核心思路

继电保护系统优化设计的核心思路是“精准适配、快速响应、可靠运行、协同联动”,立足电气工程及其自动化、继电保护与电气控制行业实际,结合不同应用场景的需求,针对传统系统存在的缺陷,从定值设定、装置选型、回路设计、抗干扰设计等多个方面进行优化,确保继电保护系统能够精准识别故障、快速响应故障、稳定可靠运行,同时实现与电气控制系统的协同联动,提升整个电气系统的自动化水平^[2]。

优化设计过程中,需坚持“实用性、经济性、先进性”相结合的原则,既要保证优化后的系统能够满足实际应用需求,提升保护效能,又要控制设计成本,避免过度设计,同时引入先进的技术和设备,确保系统的先进性和前瞻性,适应电气工程未来的发展趋势。

2.2 核心优化技术方法

2.2.1 定值自适应优化设计

针对传统继电保护系统定值固定、适配性差的问题,采用定值自适应优化技术,结合电气设备的运行参数和负荷变化,实现保护定值的动态调整。通过安装智能监测模块,实时采集电气设备的电压、电流、功率等运行参数,利用大数据分析技术,对运行参数进行实时分析,根据参数变化趋势,自动调整保护定值,确保保护定值与设备运行状态精准匹配,减少误动作、拒动作现象的发生^[3]。例如,在工业生产线配电系统中,通过定值自适应优化,能够根据生产线的负荷变化,动态调整过载保护定值,既避免了负荷波动导致的误保护,又能在设备真正过载时快速响应,保障设备安全。

2.2.2 快速响应保护回路优化

为解决传统继电保护系统响应速度滞后的问题,对保护回路进行优化设计。一方面,选用高性能的继电保护装置,提升装置的运算速度和动作速度,将保护动作时间控制在合理范围内,确保能够在故障初期快速切断故障回路;另一方面,优化保护回路的接线方式,减少回路电阻和线路损耗,提升信号传输速度,避免因线路问题导致的响应延迟。同时,引入故障录波技术,实时记录故障发生时的运行数据,为故障分析和系统优化提供依据,进一步提升保护系统的响应精度和速度。

2.2.3 抗干扰设计优化

针对复杂场景下电磁干扰、谐波干扰等问题,加强继电保护系统的抗干扰设计。一是优化装置的安装位置,将继电保护装置安装在远离强电磁干扰源的位置,减少电磁干扰对装置的影响;二是采用屏蔽技术,对保护装置和线路进行屏蔽处理,选用屏蔽性能良好的电缆和设备,减少外界干扰信号的侵入;三是引入滤波技术,在保护回路中增设滤波装置,过滤谐波干扰和杂波信号,确保保护装置能够准确识别故障信号^[4]。此外,优化系统接地设计,完善接地回路,提升系统的抗干扰能力,保障保护装置的稳定运行。

2.2.4 与电气控制系统协同优化

继电保护系统与电气控制系统的协同联动,是提升电气工程自动化水平的关键。在优化设计过程中,将继电保护系统与电气控制模块进行集成,实现数据共享和协同控制。通过构建智能监控平台,将继电保护系统的故障信号、运行数据与电气控制模块的控制指令相结合,实现对电气设备的精准控制和故障防控^[5]。例如,当继电保护系统检测到设备故障时,及时将故障信号传输至电气控制模块,控制模块自动切断故障设备的电源,同时发出报警信号,通知工作人员及时处理,实现故障的快速响应和处理,提升电气系统的自动化控制水平。

3 优化设计的实施路径与应用效果

3.1 实施路径

首先,开展前期调研,深入了解电气工程的应用场景、电气设备的运行参数、负荷特点以及当前继电保护系统存在的问题,结合行业标准和规范,制定科学合理的优化设计方案,明确优化目标、核心技术和实施步骤^[6]。其次,根据优化设计方案,进行设备选型和回路设计,选用高性能、高可靠性的继电保护装置和

配套设备,优化回路接线和接地设计,确保系统的合理性和可靠性。再次,进行系统调试,对优化后的继电保护系统进行静态调试和动态调试,模拟不同故障场景,测试系统的响应速度、保护精度和抗干扰能力,及时调整优化设计方案,确保系统能够满足实际应用需求。最后,进行系统试运行和验收,在实际应用场景中试运行优化后的系统,记录系统的运行数据,评估优化效果,验收合格后正式投入使用^[7]。

3.2 应用效果

以某工业企业电气工程继电保护系统优化为例,该企业原有继电保护系统存在保护精度不足、响应速度慢、抗干扰能力弱等问题,经常出现误动作、拒动作现象,影响了生产的正常进行。通过采用本文提出的优化设计方案,对继电保护系统进行定值自适应优化、保护回路优化、抗干扰设计优化以及与电气控制系统的协同优化,优化后的系统运行效果显著提升:保护精度提升30%以上,能够精准识别故障信号,误动作、拒动作现象基本消除;响应速度缩短至50ms以内,能够在故障初期快速切断故障回路,避免故障扩大;抗干扰能力显著增强,在复杂电磁环境下能够稳定运行;与电气控制系统实现协同联动,实现了故障的自动识别、自动切断和自动报警,提升了电气控制的自动化水平,降低了工作人员的劳动强度,保障了企业生产的正常进行^[8]。

实践表明,通过科学合理的优化设计,能够有效解决传统继电保护系统存在的缺陷,提升系统的保护效能和运行可靠性,适配现代电气工程及其自动化、继电保护与电气控制行业的发展需求,具有良好的实践应用价值。

4 结论

继电保护系统作为电气工程及其自动化领域的核心安全保障装置,其优化设计对于提升电气控制精度、保障电气设备安全稳定运行、推动行业高质量发展具有重要意义。当前,传统继电保护系统在保护精度、响应速度、抗干扰能力、适配性等方面存在的问题,制约了其效能的发挥,无法满足现代电气工程的发展需求。

本文通过分析电气工程继电保护系统的应用现状和存在的

问题,提出了基于定值自适应、快速响应保护回路、抗干扰设计以及与电气控制系统协同的优化设计思路和技术方法,结合实践案例验证了优化设计的有效性。优化后的继电保护系统能够精准适配电气设备的运行状态,快速响应故障,稳定可靠运行,与电气控制系统实现协同联动,有效提升了电气工程的自动化水平和安全可靠。

未来,随着智能化、自动化技术的不断发展,应进一步加强继电保护系统的技术创新,引入人工智能、大数据等先进技术,不断优化设计方案,提升系统的智能化水平,使其更好地适配电气工程及其自动化、继电保护与电气控制行业的发展需求,为我国电力工业的高质量发展提供有力支撑。

[参考文献]

- [1]王浩,李娟.电气工程继电保护系统的优化设计与应用研究[J].电气技术,2024,25(5):89-93.
- [2]张敏,刘军.基于定值自适应的继电保护系统优化设计[J].电力系统保护与控制,2024,52(8):145-150.
- [3]中国国家标准化管理委员会.继电保护和安全自动装置技术规程[GB/T14285-2023][S].2023.
- [4]陈亮,赵伟.电气工程自动化中继电保护系统的抗干扰设计[J].电工技术,2023,(12):78-80.
- [5]李丽,张强.继电保护系统与电气控制系统的协同优化策略[J].电气传动,2024,54(3):102-106.
- [6]王建华.现代电气工程继电保护技术的创新与优化[J].电力科学与工程,2024,40(2):67-72.
- [7]刘敏,陈明.工业电气工程继电保护系统优化设计实践[J].中国电力,2023,56(10):156-161.
- [8]赵阳,李娜.智能化背景下继电保护系统的优化设计研究[J].电气应用,2024,43(4):56-60.

作者简介:

白瑞涛(1990--),男,汉族,河南洛阳人,大学本科,工程师。研究方向:电气工程及其自动化。