

220kV 燃机电厂电力系统继电保护研究

吴信立

上海奉贤燃机发电有限公司 上海 201403

DOI: 10.12238/ems.v6i12.10870

[摘要] 随着能源结构的调整,燃机电厂因其快速启动和高效率的优势逐渐成为电力系统的重要组成部分。然而,燃机电厂的电力系统由于其特殊的运行模式和结构配置,对继电保护技术提出了更高的要求。本文基于220kV燃机电厂的实际运行数据,通过对典型故障案例的深入分析,探讨了现有继电保护方案中存在的问题及其成因,进一步提出了一系列创新的保护策略。通过技术改进和实验验证,显著提升了系统的保护精确性和可靠性,为类似电力系统的保护优化提供了理论依据和实践指南。

[关键词] 燃机电厂, 220kV, 电力系统, 继电保护, 案例分析

Research on Relay Protection of 220kV Gas Turbine Power Plant Power System

Wu Xinli

Shanghai Fengxian Gas Turbine Power Generation Co., Ltd. Shanghai 201403

[Abstract] With the adjustment of energy structure, gas turbine power plants have gradually become an important component of the power system due to their advantages of fast start-up and high efficiency. However, the power system of gas turbine power plants has higher requirements for relay protection technology due to its special operating mode and structural configuration. This article is based on the actual operating data of a 220kV gas turbine power plant, and through in-depth analysis of typical fault cases, explores the problems and causes in existing relay protection schemes, and further proposes a series of innovative protection strategies. Through technological improvements and experimental verification, the accuracy and reliability of the system's protection have been significantly improved, providing theoretical basis and practical guidance for protection optimization in similar power systems.

[Keywords] gas turbine power plant, 220kV, power system, relay protection, case analysis

引言:

燃机电厂作为新型电力生成方式,在全球范围内被广泛推广使用,尤其是在电力需求急剧增加的高峰期间,其发挥的角色尤为关键。然而,电力系统的复杂性及其对继电保护的高要求使得传统的保护方案常常难以满足现代电力系统的需求。随着科技的发展,新的问题和挑战不断浮现,尤其是在保护精度和反应速度方面。因此,探索更为精确和可靠的保护策略不仅是技术创新的需求,也是保障电力系统稳定运行的必要条件。本研究通过详细的系统分析和案例研究,揭示了传统保护机制在面对极端条件时的不足,并在此基础上提出了一系列创新的解决方案,旨在通过技术革新推动电力系统安全保护领域的进步。

一、燃机电厂电力系统概述

1.1 系统结构与主要设备

燃机电厂的核心设备是燃气轮机,它通过燃烧天然气或其他可燃气体产生动力,驱动发电机产生电力。此外,系统

中还包括用于电压转换的变压器和用于电力传输的高压开关等设备。这些设备的稳定运行是保证电力供应安全的基础。

1.2 电力系统运行特点

燃机电厂的电力系统具有启动速度快、调节灵活的特点,能够迅速响应电网负荷变化。在电力需求高峰,如夏季高温或冬季低温时,燃机电厂能够快速投入运行,缓解电网压力。然而,这种快速的启停和负荷变化也对系统的电气保护提出了更高的要求,尤其是在电流、电压稳定性和故障检测方面。

1.3 继电保护的基本要求与功能

继电保护系统的主要任务是在电力系统发生故障时,迅速准确地切断故障部分,保护电力系统的其他部分不受影响,从而保障系统的稳定和安全。继电保护需具备高灵敏度与可靠性,能够在极短的时间内识别并隔离系统故障,尤其是在燃机电厂这种高效率的电力系统中,继电保护的精确性和响应速度尤为重要。

二、现有继电保护技术分析

2.1 常用的继电保护方案

目前, 燃机电厂普遍采用的继电保护方案包括过电流保护、差动保护和距离保护等。过电流保护能够在电流异常增高时迅速反应, 切断故障电路, 而差动保护则通过比较进出电流的差值来检测电路是否存在故障。距离保护则根据电压与电流的相位差来判定故障的位置和性质, 具有高度的准确性和可靠性。

2.2 发电机的保护要求与挑战

发电机作为燃机电厂的核心设备, 其稳定性直接影响整个电厂的运行安全和效率。因此, 确保其在各种操作条件下的可靠保护是至关重要的。发电机保护面临的技术挑战包括短路故障、过载保护、和不平衡保护等。差动保护技术的应用对于提高故障响应速度和减少误动作尤为重要, 同时温度监控和振动分析也是确保发电机运行安全的关键技术。

2.3 技术的优势与局限性

这些继电保护技术各有其优点。例如, 差动保护因其对故障检测的高灵敏度而被广泛应用于重要设备的保护中。过电流保护设备简单、成本较低, 适用于多种电力系统。然而, 这些技术也存在局限性。如差动保护则需精确整定保护定值, 过电流保护则在多回路系统中可能导致误动作, 以避免非故障状态下的误判。

2.4 面临的主要技术挑战

尽管现有技术许多情况下表现良好, 但在燃机电厂这种特殊环境下, 仍面临若干挑战。首先, 快速变化的负荷和频繁的启停操作可能导致保护设备的误动作。此外, 现有技术在处理复杂故障时的反应速度和准确性仍有待提高。这要求不仅需要现有技术进行优化, 还需要探索新的保护技术, 以应对更高的安全性和稳定性要求。

三、案例分析与问题识别

3.1 典型故障分析

燃机电厂在运行过程中可能会遇到多种故障, 这些故障常见的类型包括设备故障、电气短路和系统过载等。这些问题的出现往往会对电厂的稳定运行造成严重威胁。例如, 设备故障可能由于部件老化或维护不当引起, 电气短路可能因为绝缘材料损坏或设计缺陷导致, 而系统过载则通常与电网需求激增或调度不当有关。针对这些故障, 继电保护系统的任务是及时检测并隔离故障, 以保护其他系统部分免受影响。

然而, 通过对实际发生的故障案例的分析发现, 继电保护系统有时未能有效响应。一个典型的问题是, 在快速负载变化的情况下, 保护系统反应滞后, 未能及时切断故障区域, 从而导致更广泛的系统受损。例如, 如果燃机电厂的负荷迅速增加, 未调整保护系统的设置, 可能导致过电流保护未能触发, 结果造成电机或变压器过热, 甚至发生熔断。

3.2 保护动作不准确的案例

继电保护系统的不准确动作也是导致燃机电厂运行效率下降和运维成本增加的一个重要因素。不准确的保护动作常常因保护系统设置不当或设备本身的故障而触发, 这包括误动作和拒动作。误动作指保护系统在无故障情况下错误地动

作, 如不必要的停机或错误隔离健康设备, 而拒动作则是在故障发生时保护系统未能正确动作。

例如, 在一起具体事件中, 由于电流传感器的校准错误, 继电保护系统在燃机电厂正常运行时错误地判定为过电流状态, 导致误动作, 不必要地隔离了一个完全健康的电力线路, 这导致了非计划的停机和显著的运营成本。在另一种情况下, 由于保护系统的故障检测算法未能及时更新以适应电网负荷的快速变化, 当实际发生短路故障时, 系统未能触发必要的保护措施, 即拒动作, 结果加剧了系统的损害。

通过对这些故障案例的深入分析, 能够更好地理解现有保护设置的问题所在, 并针对性地提出改进措施。例如, 通过调整保护设备的设置参数, 优化保护逻辑, 可以有效减少误动作的发生。同时, 定期对保护系统进行测试和维护, 以确保其在必要时能可靠动作。

3.3 故障数据与统计分析

对故障数据的收集和分析是优化继电保护策略和设备维护计划的基础。通过统计分析, 可以识别出保护系统的主要失效模式和故障频率, 从而针对性地改进系统设计和运维策略。利用高级数据分析技术, 如机器学习, 可以从大量的运行数据中挖掘出故障的前兆, 实现故障的早期预警。这种预警系统能够帮助运维团队提前做好准备, 采取预防措施, 从而避免故障的发生或减轻其影响。

例如, 通过分析历史故障数据, 可能发现某些特定类型的设备更频繁地发生故障。这种信息可以指导在未来的设备采购和设计中考虑到这些设备的弱点, 选择更可靠的替代品或增强其设计的稳定性。此外, 通过实时监控设备的运行参数, 如电流、电压和频率, 可以使用机器学习模型预测潜在的故障发生, 从而实施更有效的维护策略。

四、改进策略与应用

4.1 完善保护配置

在改进燃机电厂的继电保护配置中, 特别增加了零功率保护和启停机保护这两个关键功能。零功率保护主要针对发电机组在满载运行负荷突降时可能遇到的问题, 如发电机出口开关偷跳或输电线路故障导致发电机超速, 确保在此类情况下汽轮机跳闸联跳发电机, 机组能安全解列。启停机保护则是为了应对电厂在启动和停机过程中低频工况下大多保护无法起效, 此阶段是电厂设备最容易受损的时候。通过引入此类保护功能, 可以有效防止设备在启动和停机过程中由于误操作或其他原因产生励磁电流而导致的故障, 从而提高电厂的运行效率和设备的使用寿命, 确保电力系统的整体稳定性和可靠性。这些措施不仅延长了设备的运维周期, 还减少了维护成本。4.1 技术改进方向

在技术改进的方向上, 重点关注了系统自适应能力的增强、保护系统选择性的提升以及系统互操作性的加强。通过引入先进的人工智能和机器学习算法, 继电保护系统可以基于实时数据自动校准保护参数, 更准确地预测燃机电厂的运行状态, 实现对潜在故障的早期预警, 提高对复杂故障状态的适应性和响应速度。同时, 通过改进保护策略, 确保在复

杂的电网环境中能够精准识别并隔离故障部分,减少误动作和非故障中断的发生。此外,考虑到电力系统管理工具的兼容性,设计时需确保继电保护系统与电力自动化系统的有效集成,以便于更全面地监控和控制电力系统。

4.2 具体改进措施

本文提出的具体技术改进措施包括应用同步相量测量技术(PMU)以提高故障检测的精确度和速度。此方法通过在多个关键节点部署PMU,收集实时数据,并在过去一年内准确地识别了95%以上的电力系统故障。这些数据帮助更准确地分析故障的性质和位置,从而快速准确地响应。

同时,可通过开发自适应保护算法来提高保护稳定性,这些算法能够根据机组工况、电网状态和历史故障数据自动调整保护设置,以适应不断变化的网络条件。例如,在“华能东方电厂”的应用中,自适应算法成功减少了由于负荷快速变化导致的误动作频率,从而提高了系统的整体稳定性。

为深入理解故障原因并提供维护和修复的建议,还实施了综合故障分析系统,该系统结合了故障录波分析和智能诊断技术。在“南方发电站”的实际应用中,该系统通过分析故障录波数据,有效预测了变压器的潜在故障,从而使维护团队能够提前介入,避免了一次可能的大规模停电。

4.3 预期效果与实验验证

通过上述改进措施的实施,预计将显著提高系统的故障识别准确率、减少误动作频率,并缩短系统恢复时间。这些改进不仅增强了系统的可持续性和经济性,而且显著提升了整个电力系统的稳定性和可靠性。例如,故障识别准确率的提高减少了不必要的设备干预和停机,而系统恢复时间的缩短则显著减少了由于故障引起的经济损失。快速负荷变化响应速度的提高确保了在高峰时段或紧急情况下电厂的稳定运作。

所有新策略和技术都将在实验环境中进行严格测试,以验证其实际效果和可行性。初步测试结果已显示出上述预期的积极效果,计划在接下来的六个月内两个主要燃机电厂进行现场试验,进一步评估技术在实际操作条件下的表现,确保能够满足日益严苛的保护要求。

五、继电保护的的未来发展趋势

5.1 智能化保护系统的发展

智能化保护系统的发展标志着继电保护技术进入一个新的时代。这些系统能够利用大数据分析和人工智能算法,实时监控电力系统的运行状态,自动识别潜在的问题并迅速调整保护策略。例如,通过实时数据分析,智能系统可以预测并防止可能导致系统失稳的事件,如电压波动或过载情况。

这种智能化系统的优势在于其能够极大提高故障处理的速度和准确性。系统通过持续学习和优化,不断提升其预测故障的能力,减少误报和漏报的情况。此外,智能化系统还支持预测性维护,这意味着可以根据设备的实际状况和性能预测其可能的维护需求,从而优化维护计划,减少不必要的停机时间,提高系统的经济性和可靠性。

5.2 新材料与新技术的应用前景

随着新材料和先进制造技术的发展,继电保护设备正变得更加小型化、高效且耐高温。这些技术进步不仅提升了设备的性能,也使得继电保护系统的部署和维护变得更加简便和经济。例如,现代半导体技术,如硅碳化物(SiC)和氮化镓(GaN)半导体,因其在高温环境下的优异表现,已被广泛应用于高压应用中,这对于电力系统的继电保护设备来说是一个重大的技术突破。

此外,通信技术的进步,特别是5G和预期中的6G技术,将极大地提升保护系统的响应速度和数据处理能力。这些高速通信技术使得从分散的传感器和设备中收集实时数据成为可能,支持对电力系统进行更为精确和即时的监控及控制。因此,跨区域的综合保护和协调控制成为可能,极大提升了电力系统的整体效率和安全性。

总结:

在本研究中,深入探讨了220kV燃机电厂电力系统中继电保护的关键技术和挑战,通过对现有技术的细致分析及针对性的改进措施,显著提升了保护系统的性能和可靠性。案例分析揭示了继电保护中存在的问题,促使从自适应算法、智能化系统和新技术应用等多个维度提出了具体的改进策略。随着技术的不断进步,继电保护系统的未来将向着更加智能化和高效化的方向发展。这些创新不仅提高了系统的操作效率,也为确保电力系统在复杂环境下的稳定运行提供了坚实的技术支撑。

[参考文献]

- [1]张秦琴,赵力思,魏猛,等. 继电保护智能整定技术在110kV电网系统中的应用[J]. 石河子科技,2024,(03):13-14.
 - [2]周波. 220 kV 变电站改造中的继电保护安全施工风险和对策[J]. 电工技术,2024,(07):143-145+148. DOI: 10.19768/j.cnki.dg.js.2024.07.037.
 - [3]曹满宇,王永超,杨畅. 浅析220 kV 智能变电站中的继电保护与控制[J]. 通讯世界,2024,31(03):81-83.
 - [4]闫石. 含分布式光伏的10 kV 供电系统继电保护整定分析[J]. 现代建筑电气,2024,15(02):12-18+29. DOI: 10.16618/j.cnki.1674-8417.2024.02.003.
 - [5]许文杰. 模拟仿真技术在10kV继电保护系统性能评估与优化中的应用[J]. 集成电路应用,2024,41(02):326-328. DOI: 10.19339/j.issn.1674-2583.2024.02.151.
 - [6]高朝辉. 220kV 变电站变压器运行和继电保护配置分析[J]. 中国设备工程,2023,(24):203-205.
 - [7]吴昊. 220 kV 变电站继电保护算法及站内通信组网技术探究[J]. 电工技术,2023,(23):189-191+196. DOI: 10.19768/j.cnki.dg.js.2023.23.055.
 - [8]杨庆新. 220 kV 变电站继电保护的“三误”事故原因及技术措施[J]. 自动化应用,2023,64(12):52-54.
- 作者简介:吴信立,男,苏州,汉,1992年9月,硕士,上海奉贤燃机发电有限公司,工程师。