

数字化变电站继电保护系统配置与智能化算法优化研究

朱远政

珠海电力建设工程有限公司 广东珠海 519000

摘要: 本文深入探讨了数字化变电站继电保护系统的配置方案以及智能化算法的优化。首先介绍了数字化变电站的特点和继电保护系统的重要性,分析了传统继电保护系统存在的问题。接着详细阐述了数字化变电站继电保护系统的配置方案,包括常规保护配置方案和系统保护配置方案,并比较了它们的优缺点。然后,针对智能化算法在继电保护中的应用,提出了优化策略,以提高继电保护系统的性能和可靠性。通过实际案例分析,验证了配置方案和优化算法的有效性。研究表明,合理的系统配置和优化的智能化算法能够显著提高数字化变电站继电保护系统的安全性和稳定性,为电力系统的可靠运行提供保障。

关键词: 数字化变电站; 继电保护系统; 系统配置; 智能化算法; 优化研究

引言

随着电力系统的不断发展和智能化水平的提高,数字化变电站作为智能电网的重要组成部分,正逐渐成为变电站建设的主流趋势。数字化变电站集合了现代化光电技术、信息技术、通讯技术和网络技术,具有数据采集数字化、系统分层分布化和结构小型化等技术特征,能够改变传统变电站二次系统的信息应用模式,提高信息采集、传输和处理的自动化程度,减少工作人员的劳动量,增强保护力度和有效性。

1 数字化变电站概述

1.1 数字化变电站简介

数字化变电站是在 IEC61850 标准基础上发展起来的,由电子互感器和智能开关等组成的智能化一次设备以及网络化二次设备分层构成。它实现了变电站信息共享和互操作目标,在信息采集、传输和处理方面发挥着巨大作用。数字化变电站的技术特征主要包括数据采集数字化、系统分层的分布化和结构的小型化。通过数字化技术,能够有效弥补传统变电站信息应用模式的缺陷,减少操作人员的劳动量,提高系统保护力度和工作效率。

1.2 数字化变电站主要技术特点

(1) 数据采集数字化: 数字化变电站利用数字化互感器,如电子式电流互感器(ECT)和电子式电压互感器(EVT),有效地弥补了传统互感器在信息收集方面的缺陷与不足。ECT 和 EVT 实现了数字化输出,并借助光纤传输,不仅增加了抗干扰能力,也完全摒弃了传统互感器的二次交流回

路,不再有二次回路开路及短路接地的传统概念,真正实现了一、二次系统之间的电气隔离。(2) 系统分层分布化: 数字化变电站采用分层分布式结构,主要分为过程层、间隔层和站控层。过程层设备主要包括智能一次设备,如智能开关、智能变压器等,具有自检测、自描述功能,通过过程层网络给间隔层设备提供一次设备信息,接受间隔层设备的控制命令。间隔层设备包括保护及测控设备、测量表计等,负责完成对一次设备的保护、测量和控制功能。站控层设备包括管理机、远动工作站、监控系统等,主要功能是为变电站提供运行、管理、工程配置的界面,记录变电站内的相关信息,同时,可将站内信息转化为远动和集控设备所能接受的协议标准,实现监控中心远方控制。(3) 结构小型化: 数字化变电站通过采用先进的电子技术和网络技术,实现了设备的小型化和集成化。智能一次设备和网络化二次设备的体积相对较小,减少了变电站的占地面积,降低了建设成本。

2 数字化变电站继电保护系统配置方案

2.1 常规保护配置方案

(1) 配置原理: 常规保护配置方案是基于原来的保护原理按对象进行针对性的保护,与互感器保护的原理一致,不改变原来的保护类型与逻辑图。它将原来保护装置的交流量输入插件更换为数据采集光纤通信接口,I/O 接口插件换为 GOOSE 光纤通信接口,CPU 插件的模拟量处理更换为通信接口处理。原来的操作插件转移到智能操作箱上,保存局部开入作为压板投退,开出的压板投退取消或转移到智能操

作箱上。(2) 优点: 常规保护配置方案技术成熟, 可靠性高, 易于维护和管理。由于保留了原来的保护类型和逻辑图, 工作人员对保护原理和操作方法较为熟悉, 能够快速上手。同时, 常规保护配置方案的设备成本相对较低, 适用于对保护性能要求不是特别高、资金有限的变电站。(3) 缺点: 常规保护配置方案存在二次接线复杂的问题。虽然采用了光纤通信接口, 但部分功能仍需要通过传统的二次接线实现, 增加了现场继保工作人员误接线、误触碰等情况的风险。此外, 常规保护配置方案的信息共享程度较低, 各保护装置之间相对独立, 难以实现综合保护和优化控制。

2.2 系统保护配置方案

(1) 配置原理: 系统保护配置方案采用双重化配置原则, 每一套系统保护装置都可以完成全站全部设备的继电保护功能, 同时可以完成测控功能。每一套系统保护都包括全部主变、线路及母线的保护与测控等, 保护在原理上两套完全一样, 可互为备用, 可独立投退。(2) 优点: 系统保护配置方案能够实现信息的高度共享和综合利用, 设备数量少, 网络结构简单。通过双重化配置, 提高了保护的可靠性和安全性, 当一套保护系统出现故障时, 另一套保护系统可以立即投入运行, 确保电力系统的安全稳定。此外, 系统保护配置方案便于实现集中监控和管理, 提高了运维效率。(3) 缺点: 系统保护配置方案的技术复杂度较高, 对设备性能和通信协议的要求也较高。目前, 系统保护配置方案还缺少足够的运行经验, 在实际应用中可能存在一些未知的问题。同时, 系统保护配置方案的设备成本相对较高, 建设和维护难度较大。

2.3 两种配置方案的比较

常规保护配置方案和系统保护配置方案各有优缺点, 在实际应用中需要根据变电站的技术要求、资金情况、人力与物力配置等因素进行综合考量。对于一些对保护性能要求较高、资金充足的变电站, 可以考虑采用系统保护配置方案; 而对于一些对保护性能要求不是特别高、资金有限的变电站, 常规保护配置方案可能更为合适。

3 数字化变电站继电保护系统存在的问题

3.1 网络结构复杂导致延时增加

数字化变电站采用网络化的通信方式, 网络结构的复杂性可能导致信息传输延时增加。在继电保护系统中, 延时是一个非常重要的指标, 过长的延时可能会影响保护的动

速度和可靠性。例如, 某 220kV 变电站曾因合并单元与保护装置通信协议版本不兼容, 导致故障时保护动作延迟 0.8 秒, 造成主变过载损坏。

3.2 冗余方案不合理引发误动拒动

冗余方案是提高继电保护系统可靠性的重要手段, 但不合理的冗余方案可能会引发误动拒动。例如, 在双重化配置方案中, 如果两套保护系统之间的逻辑关系设置不当, 可能会导致在故障发生时, 一套保护系统动作而另一套保护系统拒动, 或者两套保护系统同时误动。

3.3 设备选型与通信协议不匹配

设备选型与通信协议不匹配是数字化变电站继电保护系统常见的问题之一。不同厂家的设备可能采用不同的通信协议, 导致设备之间无法正常通信, 影响继电保护系统的性能。例如, 某变电站因不同厂家的保护装置和合并单元之间通信协议不兼容, 导致数据传输错误, 影响了保护的准确性。

3.4 智能化算法应用不足

目前, 数字化变电站继电保护系统中智能化算法的应用还不够广泛和深入。智能化算法可以提高继电保护系统的自适应能力和故障诊断能力, 但目前大多数继电保护系统仍采用传统的保护算法, 难以适应复杂多变的电力系统运行环境。

4 数字化变电站继电保护智能化算法优化研究

4.1 智能化算法在继电保护中的应用现状

智能化算法, 如神经网络、模糊逻辑、遗传算法等, 在继电保护领域已经得到了一定的应用。神经网络可以用于故障诊断和模式识别, 模糊逻辑可以处理不确定性和模糊性问题, 遗传算法可以用于优化保护参数。然而, 目前智能化算法在继电保护中的应用还存在一些问题, 如算法复杂度高、实时性差、可靠性有待提高等。

4.2 智能化算法优化策略

(1) 算法选择与改进: 根据继电保护系统的具体需求, 选择合适的智能化算法, 并对算法进行改进。例如, 对于故障诊断问题, 可以采用改进的人工神经网络算法, 提高算法的收敛速度和诊断准确率。对于保护参数优化问题, 可以采用遗传算法与模糊逻辑相结合的方法, 提高优化效果。(2) 多算法融合: 将多种智能化算法进行融合, 发挥各自的优势, 提高继电保护系统的性能。例如, 将神经网络与模糊逻辑相结合, 利用神经网络的自学习和自适应能力, 以及模糊逻辑的处理不确定性和模糊性问题的能力, 实现更准确

的故障诊断和保护决策。(3) 实时性优化: 为了提高智能化算法的实时性, 可以采用硬件加速、并行计算等技术。例如, 利用 FPGA (现场可编程门阵列) 等硬件设备对智能化算法进行加速, 或者采用多核处理器进行并行计算, 减少算法的运行时间。(4) 可靠性保障: 为了提高智能化算法的可靠性, 可以采用冗余设计、容错技术等方法。例如, 在继电保护系统中采用多个智能化算法模块, 当某个模块出现故障时, 其他模块可以继续工作, 确保保护系统的正常运行。

4.3 优化算法的实际应用案例

以某数字化变电站的线路保护为例, 采用优化后的智能化算法进行故障诊断和保护决策。通过在实际运行中对故障录波文件和保护动作记录的分析, 发现优化后的算法能够更快速、准确地识别故障类型和位置, 提高了保护的动作速度和可靠性。同时, 优化后的算法还具有更好的自适应能力, 能够根据电力系统的运行状态自动调整保护参数, 提高了保护的适应性。

5 数字化变电站继电保护系统配置与智能化算法优化的实施步骤

5.1 前期诊断评估

采集至少三个月的运行数据, 重点分析故障录波文件和保护动作记录。使用继电保护分析软件建立系统模型进行仿真测试, 评估现有继电保护系统的性能和存在的问题。通过前期诊断评估, 为后续的配置优化和算法优化提供依据。

5.2 方案设计验证

根据前期诊断评估的结果, 设计数字化变电站继电保护系统的配置方案和智能化算法优化方案。对设计方案进行仿真验证, 评估方案的可行性和有效性。通过仿真验证, 可以及时发现设计方案中存在的问题, 并进行调整和优化。

5.3 现场改造实施

在现场改造实施阶段, 需要严格按照设计方案进行施工。注意新旧设备的兼容性问题, 分阶段实施改造, 保留旧系统 72 小时热备用状态, 以防止改造过程中出现通信中断等问题。在改造过程中, 要加强质量监控, 确保改造工程的质量和安

5.4 后期监测优化

建立设备全生命周期档案, 配置在线监测系统实时跟踪装置运行温度、通信误码率等参数。定期开展保护压板状态校核和整组传动试验, 及时发现和解决运行中出现的问题。根据运行情况, 对继电保护系统的配置和智能化算法进行进一步优化, 不断提高系统的性能和可靠性。

6 总结

本文对数字化变电站继电保护系统的配置与智能化算法优化进行了深入研究。首先介绍了数字化变电站的特点和继电保护系统的重要性, 分析了传统继电保护系统存在的问题。接着详细阐述了数字化变电站继电保护系统的配置方案, 包括常规保护配置方案和系统保护配置方案, 并比较了它们的优缺点。然后, 针对智能化算法在继电保护中的应用, 提出了优化策略, 并通过实际案例分析验证了优化算法的有效性。最后, 给出了数字化变电站继电保护系统配置与智能化算法优化的实施步骤。

研究表明, 合理的系统配置和优化的智能化算法能够显著提高数字化变电站继电保护系统的安全性和稳定性。在实际应用中, 应根据变电站的具体情况选择合适的配置方案和优化算法, 并严格按照实施步骤进行操作。未来, 随着电力系统的不断发展和智能化水平的提高, 数字化变电站继电保护系统将面临更多的挑战和机遇, 需要进一步深入研究和完善相关技术, 为电力系统的可靠运行提供更加有力的保障。

参考文献:

- [1] 尹胜兰. 数字化变电站继电保护优化配置研究 [J]. 房地产导刊, 2014, 000(036):209-209.
- [2] 薛巍, 杨莹. 数字化变电站继电保护优化配置研究 [J]. 电工技术: 下半月, 2016(5):2.
- [3] 祝春松. 数字化变电站继电保护优化配置研究 [J]. 中文科技期刊数据库 (全文版) 工程技术 :00212-00212[2025-06-23].
- [4] 刘凯里. 数字化变电站继电保护优化配置研究 [D]. 华南理工大学, 2013.