

Operation and maintenance of relay protection in power engineering

Zhihao Ding

Henan Jiacheng Electric Co., Ltd., Zhengzhou, Henan, 450000, China

Abstract

This paper meticulously examines the operational principles and maintenance strategies of relay protection in power systems, analyzing the critical role of relay protection devices in ensuring power safety. Relay protection acts as the “safety patrolman” of power systems, tasked with swiftly isolating faults and preventing the expansion of accidents. Starting from the fundamental principles of relay protection, this study systematically analyzes the characteristics and application scenarios of major protection types such as current protection, voltage protection, differential protection, and distance protection. In response to common issues during the operation phase of relay protection, a systematic maintenance approach is formulated, including regular inspections, condition monitoring, and fault diagnosis. Implementing scientific operation and maintenance management can enhance the accuracy of relay protection actions, effectively improving the safety and stability of power systems. The paper also explores the application prospects of intelligent technologies in the operation and maintenance of relay protection, providing theoretical guidance and practical references for modernizing the management of power system relay protection.

Keywords

relay protection; power system; protection principle; operation management; maintenance strategy; intelligent operation and maintenance

电力工程中继电保护的运行与维护

丁志浩

河南佳程电气有限公司，中国·河南 长葛 461500

摘 要

本文细致研究了电力系统中继电保护的运行原理及维护策略，分析了继电保护装置在维护电力安全中的关键意义。继电保护充任电力系统的“安全巡逻兵”，承担起快速隔离故障、阻止事故范围扩大的职责，研究以继电保护基本原理为开端，系统剖析了电流保护、电压保护、差动保护、距离保护等主要保护类型的特性及应用场景。针对继电保护运行阶段的常见问题，制定包含定期检验、状态监测、故障诊断等要点的系统性维护方式，实施科学的运行维护管理可提升继电保护正确动作率，有效提高电力系统的安全稳定水平。本文也探讨了智能技术在继电保护运行维护中的应用前景，为电力系统继电保护现代化管理给予了理论指引与实践借鉴。

关键词

继电保护；电力系统；保护原理；运行管理；维护策略；智能运维

1 引言

伴随电力系统规模的逐步拓展与电网结构的渐趋复杂，继电保护装置充当着守护电力系统安全运行的首道防线，其重要性进一步凸显，现代电力系统对继电保护提出了更苛刻的要求，不仅得拥有快速精准的故障鉴别能力，还得顺应新能源接入、直流输电等新型电网发展的形势，超过 80% 的电力系统故障凭借继电保护装置的正确动作得以有效控制，继电保护的可靠运行直接决定了整个电力系统的安全稳定。

目前继电保护运行维护面临不少棘手难题：电网规模

拓展造成保护装置数量迅猛增长，以往的人工巡检方式难以达成管理需求；由于电力电子设备大量应用，故障特征变得更复杂了，对保护性能提出了更高水准的要求，需系统解决诸如老旧保护装置更新改造、新型保护技术推广应用等问题，本文凭借继电保护基本原理，结合电力系统现实运行经验，深入剖析继电保护运行里的关键难题，推出科学恰当的维护管理策略，为强化继电保护运行可靠性提供规范化解决路径。

2 继电保护的基本原理与分类

2.1 继电保护的基本原理

实时去监测电力系统运行状态是继电保护装置核心功能，一旦故障发生，马上精准地识别并隔离故障区域，其工

【作者简介】丁志浩（1987-），男，中国河南长葛人，本科，从事电力工程研究。

作原理依托于对电气参数的连续检测,若检测到电流、电压、频率等参数超出设定界限,经逻辑分析后发出跳闸信号,完整的继电保护系统大多由测量元件、逻辑判断元件和执行输出元件三部分共同构成,测量元件承担采集系统电气量的工作,逻辑元件对采集信息进行分析鉴别,执行元件实现断路器的操作动作^[1]。

2.2 继电保护的分类

按照保护原理实施分类,继电保护一般可分为过电流保护、差动保护、距离保护以及高频保护等类型,过电流保护乃最基本的保护类别,利用检测电流是否超过整定值来鉴别故障,普遍应用于配电网线路及变压器保护,差动保护按照基尔霍夫电流定律设计,比对被保护设备两端电流的矢量相加结果,具备选择性显著、动作迅猛的好处,主要作为发电机、变压器和母线等重要设备的主保护手段,距离保护借助测量故障点与保护安装处之间的阻抗值来明确故障位置,尤其适用于高压输电线路的保护工作。

依照保护范围的不同界限,继电保护能分为主保护以及后备保护,主保护的职责是迅速切除被保护设备的故障,若主保护拒动或者断路器失灵,后备保护就会提供补充性的保护,保护配置若想合理,应依照“四性”原则:可靠性指标、选择性特质、速动性表现和灵敏性水平,可靠性要求保护在应当动作时精准动作,无须动作时不出现误运行;选择性突出仅对故障部分切除,无故障部分维持运行;速动性追求把故障切除时间缩到最短;灵敏性要求保护面对轻微故障也可可靠反应。

3 继电保护的运行特性分析

3.1 运行特性

继电保护装置运行特性对电力系统安全稳定起到直接影响,动作时间特性是衡量保护性能的关键指标,涵盖固有动作时间与延时时间,电磁型继电器的固有动作时间一般处于 20 - 60ms 范围,而微机保护可把时间降低到 10 - 20ms 的范围,适度的延时设定可保证保护具有选择性,但延时若过长,就会影响故障切除的速率,对于 220kV 及以上电压等级的系统而言,一般要求将故障总切除时间控制在 100ms 以内,这对保护装置的性能设定了极高要求。

3.2 灵敏度特性

灵敏度特性呈现出保护装置对轻微故障的检测本领,过电流保护灵敏度受系统运行方式影响十分明显,最小保护范围也许会随系统阻抗变动而改变,距离保护采用的是阻抗继电器,其保护范围具有相对的稳定性,但在短线路应用场景当中,或许会遭遇灵敏度不够的状况,差动保护仅在被保护设备内部出现故障时作出反应,理论上呈现出无限的灵敏度,但实际会被电流互感器传变误差、励磁涌流等因素所牵制^[2]。

3.3 抗干扰能力

运行状态下,继电保护的抗干扰能力也是需重点关切的问题,电力系统暂态阶段会产生大量高频与直流成分,也许会引起保护的误动或拒动现象,微机保护采用数字滤波算法可有效抑制干扰,但算法设计若不合适,可能导致保护性能降低,CT/PT 断线、系统振荡、负荷突变等非故障情形或许会对保护运行造成影响,整定计算、逻辑设计时需把这些特殊工况充分考虑进去。

4 继电保护运行中的常见问题及处理

4.1 保护误动

运行当中的继电保护或许会遇到多种异常情形,需要运维人员精准判断、及时整治,保护误动属于最为严重的问题范畴之一,也许是定值设置不当、二次回路绝缘水平降低、电磁干扰等情况引发的,某 500kV 变电站曾发生一起因电缆屏蔽层接地状况不良引发高频保护误动的事故,其后通过优化接地方式把问题处理,就误动问题而言,首先得查看保护装置本身的运行是否正常,之后开展二次回路排查,最后探究系统运行方式改变的影响。

4.2 保护拒动

保护拒动造成的危害同样十分巨大,也许会让故障演变成系统性事故,导致拒动的常见原因有直流电源故障、继电器触点氧化、出口继电器损坏等方面,按时开展保护传动试验是预防拒动的有效做法,某电厂发电机差动保护曾因辅助变流器接线差错,造成区内故障时拒动,造成设备严重地毁坏,就关键意义的主保护,一般采用双重化或三重化方案以保障可靠性。

4.3 定值管理

定值管理是继电保护运行里的基础工作,系统运行方式的变动、设备参数的调整也许都要相应改动保护定值,不合理的定值设置,也许会造成保护范围重叠或出现死区,定值计算要以系统短路电流的详细分析为基础,并且要顾及多样运行方式,定值单管理须规范严谨地开展,执行前要办妥审批手续,修改结束后赶快归档,某地区电网曾因定值计算不当引起多级保护同时动作,引起停电范围的扩展。

4.4 二次回路问题

继电保护异常里二次回路问题所占比例较高,涵盖接线松动、端子生锈、绝缘老化这类常见毛病,尤其当处于潮湿或腐蚀性环境之际^[3]。二次回路可靠性面临艰巨挑战,采用优质的电缆材料、完善接线工艺、提升防潮防腐措施可有效抵御此类问题,某沿海变电站将普通端子替换成镀金端子,搞定了因盐雾腐蚀引起的接触不良毛病。

5 继电保护的维护策略与技术

5.1 科学系统维护策略

采用科学的系统维护策略是保证继电保护可靠运行的

关键之举,定期检验归属于基础性维护工作,含有年度检验与部分类检验,年度检验需针对保护装置开展全面测试,检查测量精度是否达标、核查逻辑功能是否正常、测试出口回路是否畅通等,部分检验针对特定项目实施重点核查,像开展定值核对、二次回路绝缘性能检测等,应根据装置类型、运行环境以及重要性等相关因素确定检验周期,重要保护可合理地缩短检验周期^[4]。

5.2 状态监测技术

状态监测技术为继电保护维护增添了新方法,在线监测系统能实时记录保护装置诸如运行参数、自检信息、动作报告等数据,经由趋势分析识别潜在缺陷,某省级电网企业建立起保护装置状态评价系统,凭借监测数据对装置健康状态打分,实现了从定期检修转换到状态检修,故障录波器的广泛应用也给保护动作分析增添了有力工具,对故障波形进行分析,可精准判断保护动作行为是否无误。

5.3 智能诊断技术

智能诊断技术对传统的继电保护维护模式做出改变,依托人工智能的故障诊断系统可自动剖析保护装置上传的各种信息,迅速锁定问题根源,专家系统把资深运维人员的经验知识实现数字化,帮扶现场人员处理繁杂问题,某换流站开发出的保护装置智能诊断平台,把平均故障处理时长从4小时缩短为1小时,大幅增进了运维的整体效率,借助数字孪生技术可搭建保护系统的虚拟模型,用以模拟各类故障情形,提升保护策略水平。

5.4 预防性维护

预防性维护乃提升继电保护可靠性的重要手段,涵盖定期清理装置内部灰尘、查看散热风扇运转状况、替换老化元器件等操作,就运行时间达15年以上的老旧装置而言,可考虑整体替换,备品备件管理同样不容忽视掉,关键部件需维持合理库存水平,某电网公司凭借统计分析找出保护装置故障规律,对备件储备策略予以优化,守住了应急需求底线,又让库存成本下降^[5]。

6 继电保护运维的发展趋势

6.1 运维智能化

智能化成为继电保护运维的必然发展走向,新一代智能保护装置纳入了更多自我诊断能力,可实时洞察自身健康状况,预先警示潜在的故障,凭借物联网技术打造的远程运维平台,让专家随时都能为现场提供技术方面的支持,某超高压公司搭建的保护装置远程诊断中心,达成了全省关键保护装置的集中监控,极大提高了运维响应的及时性。

6.2 大数据分析决策化

大数据分析技术为继电保护运维增添了新的决策支撑

力,采用收集历史动作记录、缺陷信息、检验数据等举措,可研制保护装置可靠性模型,预判剩余可用寿命,升级检修战略,人工智能算法可从大量数据里揭示潜在规律,辅助诊断复杂故障情形,某科研机构打造的保护装置故障预测体系,准确率达85%及以上,有效抵御了多起设备故障侵扰。

6.3 标准化和信息化

标准化及信息化将带动继电保护运维整体水平的上升,一致的运维标准可对作业流程进行规范,降低人为造成的差错,全生命周期管理系统完成保护装置从投运到退役的全程追踪管理,某电力公司搭建的继电保护资产综合管理系统,实现了设备台账、检验记录、缺陷处理等信息的电子信息化管理,极大提升了管理效能。

6.4 培训高效化

人员培训是支撑继电保护运维工作的基础,伴随保护技术的迅猛发展,得构建一套系统化的培训体系,增进运维人员专业水平,仿真培训系统可模拟多种故障情形,协助人员吃透保护动作特性,技能认证加上技术比武可激励人员主动学习,某培训中心专门开发的继电保护三维仿真系统,使学员能在虚拟环境中安全开展各种各样的实操练习。

7 结论

继电保护作为电力系统安全的防护壁垒,其可靠的运行对保障电网安全十分关键,本文全面分析了继电保护运行的基本原理,给出有定期检验、状态监测、智能诊断等的系统性应对方案,伴随智能技术的进步,继电保护运维正朝着数字化、智能化方向迅猛演进。未来继电保护运维会进一步重视预防性及预测性维护,凭借先进传感技术及数据分析手段,预先探查并消除潜在瑕疵,运维管理模式要从分散格局过渡到集中格局,依靠统一的数字化平台实现资源配置的优化,提高人员素质依旧是核心,需培育既通晓保护原理又精通信息技术的复合型人才,继电保护运维水平的持续上扬,可为缔造安全、可靠、高效的现代电力系统提供坚实后盾。

参考文献

- [1] 季晓蕾.电力系统继电保护二次回路的维护与检修[J].光源与照明,2024,(11):63-65.
- [2] 曾松.浅谈电力系统中继电保护的运行以及维护策略[J].科技与创新,2024,(22):98-100.
- [3] 马天骢.电力系统继电保护二次回路维护与检修对策研究[J].科技资讯,2024,22(21):76-78.
- [4] 赵中坤,何洋,李恒,等.电力继电保护自动化技术研究[J].电力设备管理,2024,(16):47-49.
- [5] 李士洲,陶英健.电力继电保护中的故障与对策分析[J].集成电路应用,2024,41(08):162-163.