

Analysis of problems in the maintenance of relay protection secondary circuit

Dongmei Xian

Wuzhou Guijiang Electric Power Co., Ltd., Wuzhou, Guangxi, 543001, China

Abstract

As one of the key equipment in the power system, the normal operation of the generator and transformer in the hydropower plant is directly related to the safety and stability of the whole power generation system. As a power equipment with high voltage and large capacity, the generator transformer is faced with many potential risks in the process of operation, including short circuit, overload, grounding fault, etc. The relay protection system can not only monitor the operation status of the equipment in real time, but also quickly cut off the fault area in the event of a failure, so as to avoid the expansion of the accident and escort the safe operation of other systems. Therefore, effective relay protection measures are necessary to ensure the stability and safety of the operation. Starting from the working principle of generator transformer, this paper will analyze the application of current relay protection measures in hydropower plants, aiming to provide theoretical basis and practical guidance for the improvement of equipment safety in hydropower plants.

Keywords

hydropower plant; generator; transformer protection principle; relay protection; measures

水电厂发电机变压器保护原理及继电保护措施探讨

贤冬梅

梧州桂江电力有限公司, 中国 · 广西 梧州 543001

摘要

作为电力系统中的关键设备之一,水电厂发电机变压器的正常运行直接关系到整个发电系统的安全稳定。发电机变压器作为高电压、大容量的电力设备,在运行过程中面临着诸多潜在风险,包括、短路、过载、接地故障等。而继电保护系统不仅可以实时监控设备运行状态,而且在发生故障时,还可以迅速切断故障区域,避免事故的扩大,为其他系统的安全运行保驾护航。所以必须要有效的继电保护措施,保证运行的稳定与安全。本文将从发电机变压器的工作原理出发,分析当前继电保护措施在水电厂的应用,旨在为水电厂设备安全的提升提供理论基础和实践指导。

关键词

水电厂; 发电机; 变压器保护原理; 继电保护; 措施

1 发电机变压器保护原理

1.1 差动保护原理

发电机变压器差动保护以基尔霍夫电流定律为理论基础,通过测量保护区域两侧电流向量之差,以判断内部故障与外部故障的归属。该保护构架依托于比率制动原理,以抑制外部短路或 CT 饱和引发的不平衡电流干扰。电流互感器 (CT) 分别安装于发电机侧及变压器侧,其二次绕组输出电流经相应极性连接后引入保护装置,构成差流计算回路。正常运行及外部故障情况下,两侧 CT 测得的电流幅值相近且方向相反,使得保护装置计算得到的差流近似为零,不产生跳闸指令^[1]。当区内发生相间短路、匝间短路或绕组接地

故障时,因短路电流路径位于保护区域内部,各侧 CT 测得的电流不再满足幅值及方向的互补关系,差动回路产生显著差流。保护装置对该差流与制动电流进行比值计算,依据设定动作特性曲线判断故障是否触发保护动作。当差流幅值超过整定门槛且符合比率制动准则,保护装置立即发出跳闸指令,切除故障设备。

1.2 过电流保护原理

发电机变压器组的过电流保护依据电力系统短路故障特性构建,通过实时监测电流幅值变化,判断设备运行状态。电流互感器 (CT) 采集三相电流信号,并转换为二次侧低电压电流后输送至继电保护装置,继电器依据设定整定值及动作逻辑完成保护判断。过电流保护可分为定时限、反时限及瞬时动作三类模式。定时限保护采用固定时间延时方式,当故障电流超过整定值后,继电器延迟预设时间发出跳闸指令,该模式适用于配合其他保护构建层级分明的保护体系。

【作者简介】贤冬梅 (1980-),女,中国广西岑溪人,工程师,从事水电厂电气,电气维修研究。

反时限保护依据故障电流幅值调整动作时间,故障电流越大,保护装置响应越快,常用于提高短路情况下的速动性^[2]。瞬时动作模式无需延时,仅在电流幅值远超整定值时立即动作,适用于保护设备免受大电流冲击。

1.3 过电压与欠电压保护原理

发电机变压器组的过电压与欠电压保护依托电压互感器(P.T)获取系统运行电压,通过继电保护装置对电压幅值进行实时监测,并依据设定整定值进行动作判断。过电压保护针对励磁过剩、空载甩负荷及外部系统故障导致的电压升高情况,欠电压保护则对短路、负荷突增或励磁故障引发的电压下降进行响应。

过电压保护分为瞬时型与延时型两类。瞬时型用于抑制大幅度电压冲击,电压超出整定值时立即动作,以防止绝缘击穿及设备损坏。延时型依据电压持续时间判别,当电压长时间处于异常区间,保护装置发出跳闸或报警信号,以避免系统运行受影响。过电压保护同时结合谐波分析,以识别操作过电压与工频过电压,提升保护的选择性与可靠性。欠电压保护主要采用低电压闭锁方式,动作会在系统电压低于设定值时被触发。保护装置结合延时策略,避免因瞬间电压波动而误动,针对短暂的电压跌落,可采用快速的欠电压保护,使继电器对受影响的设备进行快速切除。为增强抗干扰能力,防护系统结合电压趋势分析和相角偏移检测,将故障性欠电压与正常波动进行精准区分,确保动作逻辑符合系统稳定性要求^[3]。

1.4 励磁失控保护原理

发电机励磁系统异常运行状态直接影响电力系统的稳定性,励磁失控保护基于电压、电流及无功功率等参数的实时监测,识别励磁过度或不足引发的电压偏移及功角变化。电压互感器(P.T)与电流互感器(C.T)分别采集定子绕组电压、电流信号,送入继电保护装置,经计算获得无功分量及励磁状态指标,结合设定门槛进行动作判别。

励磁过度失控通常由自动电压调节器(A.V.R)故障、控制回路失灵或电网扰动引发,导致发电机端电压及无功输出异常升高。保护装置依据定子电压及无功功率超限特征,触发励磁电流削减或自动降励策略,以防止过电压危及系统稳定。过励保护可采用固定时间延时或反时限方式,结合运行工况设定合理整定值,确保保护动作具有选择性与时效性。

励磁不足失控主要表现为定子电流增大、无功吸收增加及功角异常偏移。保护装置通过检测发电机无功功率由正向输出转为负向吸收,并结合定子电流与端电压变化趋势,判断是否触发励磁增强或有载切机动作。低励磁区域内,功角变化率监测作为辅助判据,避免系统因功角振荡导致保护误动作。针对运行模式变化引发的误判风险,保护系统结合趋势分析及自适应调节,提高故障识别精度。

2 水电厂继电保护措施

2.1 快速故障检测与隔离

水电厂发电机继电保护的快速故障检测与隔离是保证发电机的安全和系统稳定的措施。发电机会因为各种原因导致出现故障,如短路、过载、定子绕组接地等,如果不能及时发现并隔离,会导致发电机出现故障,同时会影响电力系统的整体安全。

快速故障检测首先需要基于高精度的测量和监控设备,实时监控发电机的电流、电压、频率等关键参数,当发生故障时能迅速识别出异常变化。例如,通过电流差动保护原理来比较各个电流输入端差值,若发电机各相电流相差较大,则差动保护装置立即动作,将故障部分迅速切除,防止故障范围扩大^[4];过载保护也是关键,当发电机运行超出额定值时,继电器将通过判断电流大小值,及时切断电源,防止发电机长期过载产生热损伤或机械损伤;为了提高故障检测的准确性及响应速度,现代水电厂通常还设置有频率保护,实时检测发电机的频率变化,一旦频率变化过大或过小,系统就立即采取保护措施;故障隔离时,采用自动隔离装置,通过控制断路器动作,快速将故障部分与正常部分进行隔离,防止故障蔓延到其他系统或设备;结合遥控技术与自动化设备,保护系统可以快速定位故障区域,并采取远程隔离措施,最大程度降低人员操作的风险以及故障的蔓延。

2.2 备用保护策略

在水电厂发电机继电保护系统中,备用保护策略是保证在主保系统出现故障或故障时,设备的安全性仍能得到有效保障的重要手段。备用保护策略主要包括备用保护装置的设置、冗余保护机制的配置以及系统的自动切换能力等内容,以提高发电机组的故障保护能力和系统的稳定性^[5]。

一般而言,备用保护装置应当独立于主保护装置,在对其进行选择时需要将各类故障模式下的灵敏性以及有效性考虑在内。常用的备用保护主要有采用不同原理的保护,如差动保护、过流保护等。当主保护由于误动、拒动等原因无法正常运行时,备用保护能够及时代替,切除故障部分,避免进一步损坏发电机及其相关设备。在设计过程中通常是采取多回路冗余保护,即便在主保护失效的情况下也能保证有保护设备能够接管工作。一般来说该类冗余系统会与自动化控制系统相结合,可以结合动态检测所得数据来对保护装置的启用进行实时调整,避免单套装置故障造成保护装置失效。备用保护装置具有与主保护同步的数据采集和处理能力,在主保护恢复正常后可以快速恢复全盘保护,保证发电机组持续稳定运行。

2.3 防止继电保护误动作

在水电厂发电机继电保护中,防止继电保护误动作是保障设备安全运行、提高系统稳定性的重要任务。误动作不仅可能导致设备的非必要停机,还可能引发更为严重的连锁

故障,影响整个电力系统的可靠性。因此,采取有效措施防止继电保护误动作至关重要。

首先,合理的保护设置和调试是防止误动的重要措施。发电机继电保护的设定值应根据发电机的实际运行条件和系统的负荷特性而定,如发电机过电流保护的设定值,应考虑发电机负载的波动范围和可能的故障电流,使发电机实际发生故障时正确动作,而在正常或轻微过载时不误动作;差动保护应根据发电机的结构特点及运行状态调整其灵敏度和动作范围,防止误动。再者,合理的选择保护原理和技术也可以减少误动作。合适的保护算法和方案是多保护系统的关键,当前大多采用先进的信号处理技术和自适应算法,通过实时波形分析排除电网暂态波动和短时干扰引起的误动^[6]。并且采用全波形分析方法可以将故障信号和非故障信号区分开,避免暂态引起的不必要停电。采用复合保护原理可以提高异常现象判别能力,减少误动概率。最后,对保护设备进行定期校验、定期检测。通过现场检测和试验,检查保护装置的准确性和可靠性,及时发现可能引起误动的隐患。在系统运行过程中,对设备的工作状态和性能变化情况进行监控,并及时对故障进行诊断和预警,以切实降低误动的风险。

2.4 远程监控与智能运维

远程监控系统利用先进的通信技术,实现对远距离设备的监控。具体而言是利用各种传感器和采集设备,对发电机的电流、电压、频率、温度等关键运行参数进行实时采集,通过数据采集模块上传到中央监控平台供运维人员进行实时分析判断。利用在线监测系统,不需要到现场就可以实时掌握设备运行情况,快速判断可能存在风险,并采取及时措施,避免设备故障的发生。而智能运维利用大数据分析、人工智能算法、机器学习技术等来为水电厂的运维管理提供决策支持,属于远程监控技术的延伸。通过长期的历史数据学习,智能运维能够识别出设备运行中的一些异常模式,通

过预警的方式预测设备可能会出现哪些故障类型和出现故障的时间点,从而提前采取一些预防的措施,提高运维效率和延长设备寿命,降低设备停机时间。同时智能运维通常带有故障诊断模块,通过深度分析设备的运行状态,自动发现故障源,并通过自诊断功能提出解决的建议。此外,它还具有自适应能力,根据设备运行数据的变化和环境的变化,自动调整自己的维护策略以适应不同的运行要求。智能运维能够通过和人工智能平台的协作,提出精确的维修预测,帮助运维人员合理安排设备的检修周期,避免过度检修或者维修延迟,使得设备管理和运维成本得到优化。

3 结论

对水电厂发电机变压器进行继电保护,是确保电力系统运行安全稳定的重要环节。本文分析了常见的保护原理,包括差动保护、过电流保护、过电压保护及励磁失控保护,并探讨了快速故障检测、备用保护、误动作防范及智能运维等继电保护措施。未来,随着智能化技术的应用,水电厂的继电保护将更加精准高效,为电力系统的稳定运行提供更强有力的保证。

参考文献

- [1] 卓霞.水电厂电力继电保护自动化与故障诊断[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2024(001):000.
- [2] 代应中.水电厂继电保护装置的影响因素与改进优化[J].科海故事博览,2023(3):49-51.
- [3] 胡喆.水电厂继电保护隐性故障诊断方法研究[J].通讯世界,2024,31(8):106-108.
- [4] 谢仁桃.某水电厂500 kV变压器绝缘损坏的原因分析和防范措施[J].电工技术,2023(7):224-226.
- [5] 刘臻,王超群.配电自动化系统中的配电变压器保护技术研究[J].通信电源技术,2023,40(23):93-96.
- [6] 马文强,李智慧.基于继电保护的故障信息智能分析方法[J].电子产品世界,2024,31(8):50-53.