

水电厂继电保护系统常见故障判断与处理对策

刘小莉

大唐甘肃发电有限公司碧口水力发电厂, 甘肃 陇南 746412

[摘要]在水电厂的实际运行过程中,发电机、变压器、断路器等电气一次设备常因外部因素引发故障。若继电保护系统未能及时且准确地切除故障部分,可能导致设备损坏或其他保护装置误动作,进而扩大故障影响范围,降低电网的运行安全性和可靠性。本论文简要阐述了继电保护中隐藏故障的情况,并提出了针对水电厂继电保护故障的具体诊断方法与处理对策。

[关键词]继电保护;故障诊断;处理对策

DOI: 10.33142/hst.v8i6.16910

中图分类号: TM622

文献标识码: A

Common Fault Diagnosis and Treatment Measures for Relay Protection System in Hydropower Plants

LIU Xiaoli

Bikou Hydropower Plant of Datang Gansu Power Generation Co., Ltd., Longnan, Gansu, 746412, China

Abstract: In the actual operation of hydropower plants, electrical primary equipment such as generators, transformers, and circuit breakers often fail due to external factors. If the relay protection system fails to timely and accurately remove the faulty part, it may cause equipment damage or other protective devices to malfunction, thereby expanding the scope of the fault and reducing the operational safety and reliability of the power grid. This paper briefly explains the situation of hidden faults in relay protection, and proposes specific diagnostic methods and treatment strategies for relay protection faults in hydropower plants.

Keywords: relay protection; fault diagnosis; treatment measure

引言

随着我国电力工业不断发展,水电作为清洁且可再生的重要能源,其安全稳定运行对于保障电网可靠性及经济性具有重要意义。继电保护系统是水电厂电气设备关键的安全防护装置,负责及时检测并隔离各类电气故障,以保障设备与人身安全,防止事故扩大。然而,随着设备运行时间延长以及外部环境变化,继电保护系统会出现老化,其在实际运行过程中不可避免会出现误动、拒动、整定不合理等故障,影响水电厂正常发电,而且有可能致使设备损坏,甚至引发重大事故。因此,深入剖析水电厂继电保护常见故障类型及其诊断与处理方法,具备重要的理论价值与实际意义。本文目的在于全面分析继电保护故障呈现的形式以及形成原因,探究多种诊断技术以及处理对策,提高继电保护系统的可靠性与智能化程度,为水电厂安全运行提供有力支撑。

1 继电保护在水电厂中的作用

继电保护在水电厂中具有关键作用,是保障电力系统安全、稳定、可靠运行的重要技术手段。水力发电系统作为电力系统的核心能源之一,运行期间涉及众多电气设备,如发电机、变压器、母线以及断路器等。一旦此类设备出现故障,可能导致系统瘫痪,甚至引发大面积停电事故。继电保护系统能在故障发生时,通过快速且精准的检测与判断操作,切断故障设备或线路,将故障限制在最小范围内,防止事故扩大,进而保障人身及设备安全。同时,继

电保护还具备选择性、灵敏性、速动性及可靠性等技术特性,能区分不同种类的电气故障,并依据预设定值进行有针对性的动作控制。此外,在系统正常运行时,继电保护装置通过持续监测电流、电压、频率等参数,为运行人员提供实时数据支持及运行状态分析服务。因此,继电保护不仅是电力系统的“安全卫士”,也是实现自动化运行管理、提升运行效率、减少故障损失的关键组成部分。

2 继电保护常见故障类型分析

2.1 误动作

在继电保护系统运行中,误动作是一种常见且影响较大的问题。它指的是在没有实际故障的情况下,保护装置错误地发出跳闸指令,切除了非故障线路或设备。这种情况会扰乱电网的正常运行,降低系统的稳定性和安全性。导致误动作的原因很多。首先,外部干扰容易引起保护装置误判。例如,强电磁干扰、操作过电压、雷电感应等,都可能对二次回路造成干扰信号。其次,整定参数设置不合理也是一个重要因素。如果灵敏度设置过高,或者定值配合不当,装置可能会将正常的负荷波动误判为故障。此外,接线错误或者回路接触不良,也会导致信号失真,干扰装置对实际运行状态的判断。软件问题也不能忽视。一些装置在运行中可能存在算法设计缺陷或通信误码,这也可能触发误动作。保护装置内部元器件老化或损坏,同样会影响其判断的准确性。为了减少误动作的发生,工程人员应合理设置保护定值,做好接线检查,加强现场抗干扰

措施,并定期维护设备。

2.2 拒动

拒动是继电保护系统中一种较为严重的问题。它指的是电力系统在发生实际故障时,保护装置没有按设定动作,未能及时切除故障线路或设备。这种情况容易导致故障持续扩大,甚至造成设备损坏或系统不稳定。造成拒动的原因有很多。常见的一类是硬件问题,比如继电保护装置中的元器件老化、损坏,可能会让装置无法正确接收或处理信号。还有一种情况是接线方面的故障,例如接线错误、二次回路断线、互感器损坏或者极性接反,这些都会干扰装置的正常判断。除了硬件故障,参数设置不合理也是拒动的重要诱因。如果整定值设置不准确,保护装置可能因为灵敏度不足或动作时间过长而错过故障初期的有效识别。这种情况在短路电流较小或接地电阻较大的场景中更容易发生。此外,一些系统性问题也可能引起拒动。比如通信异常、信号传输出错,或者保护装置内部软件发生故障。

2.3 整定不合理

整定不合理是继电保护系统中常见的问题,它直接影响保护装置的性能和电网的安全运行。具体表现为保护装置的动作电流、动作时间和灵敏度等参数设置不合适,导致保护范围无法准确覆盖需要保护的区域,或者覆盖范围过大,影响系统的选择性和灵敏性。当整定值设置过高时,保护装置可能无法在故障发生时及时动作,形成保护死区,部分故障设备无法被及时切除,带来安全隐患。相反,如果整定值设置过低,保护装置容易在正常运行中的轻微波动或暂态干扰时误动作,干扰电力系统的稳定运行。此外,整定不合理还会导致多级保护装置之间配合失衡。上一级保护可能过早动作,而下一级保护无法有效接替,破坏了保护系统的协调性,影响整体保护效果。

2.4 二次回路故障

二次回路故障是继电保护系统中常见且影响较大的问题。它主要发生在保护装置与电流、电压互感器之间的信号采集和传输线路上。接线松动、导线断裂、绝缘破损、短路、接地不良或接线错误等情况,都会影响保护装置对一次系统状态的准确判断。二次回路承担着传递故障信号和执行跳闸命令的重要任务。一旦回路出现异常,就可能导致保护装置误动作或拒动。比如,电流回路断线会让保护装置无法获取正确的电流信号,从而误判系统无故障,造成拒动。电压回路若短路或极性接反,可能导致误判,触发不必要的跳闸。除此之外,施工质量问题、线路老化腐蚀以及潮湿环境下的绝缘退化等因素,也容易引发二次回路故障。

2.5 装置自身故障

装置自身故障是继电保护系统中一个必须重视的问题。它指的是保护装置本体在使用过程中,由于内部硬件损坏、软件异常或元件老化等原因,导致功能出现异常。装置故障可能表现为误动作、拒动、动作延迟或信号处理

错误,严重时甚至会导致整个保护系统失效。随着保护装置逐渐走向数字化和智能化,内部结构变得更加复杂,对硬件和软件的稳定性要求也更高。但在长期运行过程中,温度变化、潮湿、灰尘和电磁干扰等外部环境因素,会加速元件老化,甚至引发短路、虚焊或接触不良,影响装置正常工作。此外,软件方面也存在隐患。程序漏洞、设计缺陷或不当的版本升级,都可能导致保护算法出错或误判故障。如果装置的自检功能失效,这些问题往往难以被及时发现,增加了系统运行风险。

3 继电保护故障诊断方法

3.1 波形分析法

波形分析法是在继电保护故障诊断的常用技术手段,通过分析电气设备运行期间采集的电流、电压等相关波形数据,判断故障性质、所在位置及发展进程。水电厂继电保护装置通常具备故障录波功能,异常时自动记录故障发生前后的波形信息。通过对比分析波形、幅值、相位等特征可判断短路、接地或过负荷故障,且能够区分单相故障或相故障。如:若出现三相电流不对称,则可能是单相接地故障;若出现电流突增且电压骤然下降,则可能是短路故障。

3.2 故障录波与事件记录分析

故障录波与事件记录分析是继电保护系统中故障判断极为重要的方法。继电保护装置可自动记录故障时的电流、电压波形及相关的事件信息,为故障分析提供初始数据支持。若发电机、变压器、母线、互感器、接地设备、断路器等出现故障,继电保护装置会快速记录故障瞬间详细的电气参数变化且将其进行存储。而此录波数据能够反映故障类型、发生时间、持续时间及保护装置动作情况。技术人员通过对录波文件及事件记录进行分析,即可精准判断故障发生的原因以及具体位置,亦能判断保护装置动作的正确性。

3.3 逻辑判断与模拟测试法

逻辑判断以及模拟测试法是继电保护故障判断的重要手段。通过对继电保护装置逻辑功能及动作流程的分析与验证,识别并排除故障。逻辑判断依据保护装置内部逻辑及现场数据,推断保护动作合理性^[1]。模拟测试是通过运用专门的继电保护测试仪器,去模拟故障电流、电压等信号输入,进而检测保护装置的动作时间、动作方式以及输出信号是否契合设计要求。

3.4 智能诊断技术应用

智能诊断技术在继电保护故障诊断中的作用日益凸显,如专家系统和人工智能技术。专家系统利用电力系统运行经验和专家知识,对继电保护故障进行自动判断及推理分析,快速识别复杂故障类型及异常现象。人工智能技术(如机器学习、神经网络、模糊逻辑等)从历史故障数据中学习规律,提取故障特征,实现对未知或新型故障的智能化识别及预测。

4 继电保护常见故障处理对策

4.1 故障识别与响应流程

故障识别与响应流程是继电保护系统里极为重要的一部分,它肩负着让电力系统在出现异常状况时能快速且精准作出反应的重要职责,此流程的有效与否和电网的安全性、稳定性有着紧密联系。该流程依靠对电力系统关键参数展开实时监测,像电流、电压、频率以及功率等多个方面的数据,凭借预先设置好的保护逻辑以及合理的整定值,可以快速分辨出异常信号,达成对潜在故障的初步判定。一旦保护装置察觉到异常并且做出动作或者发出报警信号,控制中心还有运维人员就会立刻调取故障录波数据以及相关事件记录,这些数据与现场视频监控、环境监测信息相互结合,经过多层次、多角度的细致分析,精准确定故障的具体属性、发生地点以及影响范围,确保能够全面掌握故障的情况。接着,依据故障的种类、严重程度以及当前电力系统的运行状态,按照既定的响应预案,采取科学有效的处理办法,比如切断故障设备来隔离异常区域,切换备用线路以保证电力供应的连续性,或者启动备用电源以维持系统的稳定运行,以此最大限度地降低故障给整体电网带来的冲击。与此应急预案的启动保障了现场技术人员能够快速调动起来、准确开展现场检查与维护作业,彻底排查并消除所有的潜在隐患,避免类似故障再度出现。整个流程一方面依靠高效的硬件设备以及精准的保护逻辑,另一方面要充分挖掘数据采集与分析的智能化优势,借助实时信息共享以及多维度数据融合,提高故障识别的速度和准确度,强化响应措施的科学性与针对性,最终达成对复杂电力系统的动态风险管控以及稳定运行的保障,这在推动继电保护系统朝着智能化、数字化方向升级方面有着重要意义,也为电网的安全运营以及可靠供电打下了稳固的基础。

4.2 整定值调整与优化

整定值的调整与优化,在继电保护系统的维护以及故障处理流程里,属于极为关键的工作环节。它会直接对保护装置于故障发生时刻的响应速率以及响应准确性产生影响,可防止因整定不妥当而引发的误动或者拒动方面的问题,进而保障电力系统能够安全且稳定地运行。整定值的设定务必要以对电力系统的结构、运行条件还有设备特性有着透彻的理解为基础,要保证在复杂且多变的电力环境当中,保护装置可以精准地识别出故障并且迅速地做出相应动作。在制定整定值的时候,得综合考量诸多因素,像系统负荷呈现出的动态变化情况、有可能出现的故障电流幅值大小、故障类型以及其持续的时间长度等等,并且要格外看重保护装置彼此之间的协调配合状况,以此来确保保护层清晰明确,故障能够被快速并且准确地定位到,与此同时把故障隔离的范围控制在尽可能小的限度之内,避免给正常的电网运行带来不必要的影响^[2]。考虑到电力

系统的负荷以及网络拓扑结构处于不断的变化之中,所以整定值不可以一成不变,必须要凭借定期开展的复核工作以及动态的调整操作来契合系统的运行特性,从而保证保护性能能够一直保持在优良的状态。当下,随着计算仿真技术以及智能优化算法发展速度极快,借助这些先进的技术手段针对整定参数展开科学的优化,使得整定工作的精准程度以及实用价值都得到了大幅度的提升,对于构建更为智能化且具备自适应能力的继电保护体系是很有帮助的。把在线监测系统实时所采集的数据和故障录波信息相结合起来,能够针对运行过程中出现的异常情况做出及时的响应与调整,有效提高保护装置的動作准确率以及系统整体的安全稳定性。

4.3 二次回路检修与校验

二次回路的检修以及校验属于保障继电保护系统可以长期达成安全、稳定且可靠运行的关键技术环节,其关键之处就在于要保证保护装置所接收到的还有所传递出去的电流、电压以及控制信号等一系列信息在传输进程当中不会出现畸变或者延迟的情况,进而达成在故障出现之时保护系统能够快速予以识别并且准确做出相应动作的目标。二次回路在电力系统里充当着信号通道的角色,一般是由继电器、辅助触点、连接端子、保护装置内部的回路还有控制信号传输线路等诸多不同部分组合而成的,整体结构颇为复杂,而且节点数量也相当多。在历经长时间的运行过程当中,这些各个组件特别容易受到外部环境条件发生变化、存在电气干扰、出现机械振动、有潮湿腐蚀情况以及人为操作不够恰当等多种多样因素的作用影响,进而致使产生诸如接触状况不好、绝缘出现老化现象、导线发生断裂、出现短路等各类故障,如此一来,不但会使得保护装置呈现出误动作、拒动作之类的异常举动,而且还极有可能致使设备故障进一步扩大、保护系统无法正常发挥作用乃至引发电网方面的事故。所以说,在日常的运行维护工作开展期间,务必要对二次回路的定期检修以及严格校验给予极为高度的重视,借助于针对线路连接实际状况展开的全方位物理层面的检查、对绝缘电阻以及回路电阻进行精准细致的测试还有对动作性能实施功能方面的验证等方式,彻底且细致地去排查那些潜在存在的各种隐患,以此来确保整个系统能够处于一种良好的工作状态之中。与此还需要综合考虑保护装置的动作逻辑情况、整定值的具体设置状况以及历史运行的各项参数等因素来进行系统性层面的校验,从而确认二次回路是否可以在各种各样的工况情形之下都能够正确地去执行保护逻辑^[3]。

4.4 装置更新与系统升级

装置更新以及系统升级对于继电保护系统的维护与故障处理而言,有着无可取代的重要作用。尤其是在电力技术持续革新、水电厂运行环境愈发复杂的状况下,传统继电保护设备由于存在技术较为落后、响应速度迟缓、抗

干扰能力不够强以及运行年限过长而引发的性能衰退等一系列问题,已经很难契合现代电力系统对于快速响应、高精度判断以及智能化管理所提出的严格要求了。为了提高整个保护系统的运行可靠性与智能程度,需要及时对老旧设备予以更新替换,选用那种拥有高速运算处理能力、能够进行多功能保护逻辑配置、具备高精度测量以及自诊断功能的新型数字化继电保护装置,这无疑成为了提升系统故障识别精度以及响应效率极为关键的手段。与此系统升级方面的工作同样需要同步开展,其不但涵盖保护装置内部软件平台的版本更新以及功能拓展,而且还涉及到对通信协议加以优化并实现统一,以便能够符合 IEC 61850 等现代通信标准的相关要求,从而进一步增强保护系统和调度自动化系统、远程监控平台之间的兼容性以及互操作性^[4]。除此之外,随着像大数据分析、人工智能算法这类智能分析技术在电力系统当中得到广泛运用,把智能决策功能融入到继电保护系统里,便能够达成更为高效的故障预警、趋势识别以及策略优化,进而大幅度提升系统在运行监控以及事故预防方面的主动性与智能化水准。

5 结语

水电厂继电保护系统是保障电力设备及电网安全的重要防线,其稳定运行对水电厂安全高效发电具有关键作

用。深入分析继电保护常见故障并诊断处理,可有效找出故障原因,及时采取恰当处理办法,防止事故发生及扩大。随着智能化技术不断发展,运用先进诊断方式及现代化管理手段,可提升继电保护系统可靠性及响应速度。未来,需强化继电保护装置维护管理及技术升级工作,推动智能诊断技术广泛应用,优化故障处理流程,确保水电厂继电保护系统保持良好状态,为电力系统安全稳定运行提供坚实保障。

【参考文献】

- [1]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.
- [2]何占义.水电厂继电保护检修分析[J].电气时代,2020(11):42-44.
- [3]万宏程.水电厂继电保护应用分析[J].技术与市场,2015,22(12):192.
- [4]李易.水电厂继电保护的故障诊断研究[J].科技与创新,2015(5):85-88.

作者简介:刘小莉(1987.11—),毕业院校:兰州理工大学,所学专业:电气工程及其自动化,当前就职单位:大唐甘肃发电有限公司碧口水力发电厂,职务:闸门班技术员,职称级别:工程师。