

电气试验中继电保护装置的定值校验与动作可靠性优化研究

王建国

濮阳龙源电力集团有限公司, 河南濮阳, 457000;

摘要: 继电保护装置是电力系统故障防御的核心, 其定值准确性与动作可靠性, 直接决定故障能否被快速隔离、避免事故扩大。电气试验作为保障装置性能的关键环节, 定值校验是验证装置参数适配性的核心手段, 而动作可靠性优化则是提升装置防御能力的关键。本文从电力系统对继电保护装置的运行需求出发, 分析电气试验中定值校验与动作可靠性提升面临的核心问题, 梳理定值校验的科学流程, 进而提出动作可靠性的优化方向, 为电气试验中强化继电保护装置性能、保障电力系统稳定提供思路。

关键词: 电气试验; 继电保护装置; 定值校验; 动作可靠性; 电力系统

DOI: 10. 64216/3080-1508. 26. 01. 047

引言

电力系统运行时, 短路、过载、设备故障等问题很容易突然发生。继电保护装置要准确认出故障信号, 按照预先设定好的数值快速动作, 比如切断故障线路、隔离故障设备, 防止故障扩散, 影响整个电网运行。电气试验是排查装置问题、保证装置性能的关键环节。现在有些试验里, 定值校验的流程不规范, 也没有结合电网的实际运行情况; 还有些试验, 对装置动作可靠性的优化, 没有覆盖装置从校验到运行的整个生命周期。这些问题导致装置性能满足不了电网防御故障的需求。所以, 明确电气试验中继电保护装置定值校验的科学流程, 找到提升动作可靠性的方法, 对保证电力系统安全很重要, 是当前电力系统管理的重要课题。

1 电气试验中继电保护装置定值校验与动作可靠性面临的核心问题

1.1 定值校验依据模糊, 未适配电网实际工况

继电保护装置的定值, 不是固定不变的, 必须和电网实际运行情况匹配, 才能起到保护作用。但有些电气试验里, 定值校验的依据不明确、不全面, 没有结合电网的实际工况调整, 导致定值和实际需求脱节, 装置在故障时容易失效。一方面, 定值校验的参考标准没有针对性, 没考虑电网运行方式的变化。有些试验中, 工作人员只把装置出厂时的默认参数, 或者行业通用的标准, 当成定值校验的唯一依据, 根本不考虑电网实际运行方式的动态变化。比如电网负荷会有高峰和低谷, 负荷高峰时短路电流会变大, 负荷低谷时短路电流会变小; 还有电网的线路拓扑也会调整, 比如新增一条线路, 或者

拆除老旧线路, 这些都会改变故障电流的路径。要是直接用固定的参数设定定值, 就无法适配电网的实时状态。举例来说, 负荷高峰时短路电流增大, 还按出厂默认的低动作电流设定, 装置就容易误动; 负荷低谷时短路电流减小, 没调低动作电流定值, 装置又容易拒动。另一方面, 定值校验没结合电网的故障防御需求, 参数设定不精准。继电保护装置的核心定值, 比如动作电流、动作时间, 要围绕电网的两个核心需求来设定: 一个是“过载阈值控制”, 也就是电网能承受的最大过载电流; 另一个是“故障隔离范围界定”, 也就是故障发生时, 要控制好影响范围, 不能太大也不能太小。但有些试验中, 工作人员没有深入分析电网的这些实际需求, 没办法根据电网允许的最大过载电流, 精准设定装置的过载保护动作电流; 也没办法根据电网的线路划分、设备之间的关联关系, 设定合理的动作时间——比如要确保故障线路先动作, 避免故障隔离范围过大, 影响正常区域供电, 或者范围过小, 导致故障扩散。这样一来, 装置的核心参数设定就只是走个过场, 满足不了电网故障防御的实际需求, 故障发生时还是会出现拒动或误动, 失去保护作用。

1.2 定值校验流程不规范, 遗漏关键校验环节

继电保护装置的定值校验, 不只是核对一个单一的数值, 还要通过多个环节、多个角度的校验, 验证定值的准确性和装置动作逻辑的合理性, 这样才能保证装置在实际故障中可靠运行。但有些电气试验里, 定值校验的流程没有统一标准, 很多关键环节被遗漏, 只看“定值数值是否达标”就判定校验合格, 不管装置实际动作

逻辑是否适配,最终校验效果达不到预期,装置还是存在故障风险。一方面,校验内容太片面,漏掉了“定值联动校验”和“边界条件校验”这两个关键环节。有些试验中,工作人员只对装置的核心定值,比如主保护的動作电流、后备保护的動作时间,做单一的数值核对,确认数值和预设标准一样,就觉得校验完成了。他们没有开展“定值联动校验”——也就是不验证不同保护功能之间的定值配合逻辑,比如主保护動作失效后,后备保护能不能按照预设的时间及时补位動作,要是不校验,不同保护功能的定值可能会冲突,故障时就会出现“没人管”的保护真空。同时,也没有开展“边界条件校验”——也就是不模拟接近定值阈值的运行场景,比如動作电流快到设定阈值了,或者動作时间快到临界值了,验证装置会怎么响应。比如电流稍微高于阈值时,装置能不能可靠動作;电流稍微低于阈值时,装置能不能稳定不动作。要是不做这个校验,装置在这种边界工况下,就容易出现误动或拒动。另一方面,校验完成后,没有模拟实际故障信号,验证装置動作的实际效果。有些试验中,工作人员只核对完定值数值,就结束了校验,不会用试验设备模拟电网真实的故障信号,比如短路故障信号、过载故障信号,去验证继电保护装置能不能按照设定的定值,准确执行保护動作——比如能不能在预设的时间内切断故障线路,能不能精准隔离故障设备。他们只把“数值达标”当成校验合格的标准,这种方式只能保证定值数值是对的,却没办法验证装置動作逻辑的合理性和可靠性,很可能出现“数值合格但動作失效”的情况。比如装置的定值数值符合标准,但因为内部逻辑有缺陷,模拟故障时还是不动作,或者误動作,这种问题要是没在试验中发现,装置投入运行后,就会直接引发电网事故。

1.3 動作可靠性优化碎片化,未覆盖装置全生命周期

继电保护装置動作的可靠性,要贯穿“电气试验校验-现场持续运行”的整个生命周期,需要结合定值校验的结果、电网的运行环境、装置自身的运行状态,动态调整优化,才能一直保证可靠。但有些电气试验里,对動作可靠性的优化很零散,只关注某一个环节、某一个要素,没有形成覆盖全生命周期的优化体系,导致装置動作的可靠性没办法长期稳定。一方面,优化范围太局限,只关注装置自身的硬件部件,没关联定值校验的

结果。有些试验中,工作人员对動作可靠性的优化,只停留在装置的硬件部件上,比如把老化的电容、电阻元件换掉,把松动的接线端子拧紧,却不结合之前定值校验中发现的问题,去优化装置的動作逻辑。比如定值校验时发现“定值和工况不匹配”,或者“不同定值之间联动逻辑冲突”,这些问题都需要调整装置的信号识别算法,或者优化不同保护功能的動作优先级才能解决。要是只优化硬件,不解决逻辑层面的问题,装置还是可能因为動作逻辑有缺陷,出现失效的情况。另一方面,优化工作没考虑电网的运行环境因素,忽视了环境对可靠性的影响。继电保护装置的现场运行环境很复杂,温湿度忽高忽低、电磁干扰、粉尘污染等,都会影响装置元件的性能,还会干扰装置对信号的识别精度,进而降低動作的可靠性。但有些试验中,工作人员只在实验室的标准环境下,开展可靠性优化,根本不结合装置实际安装场景的环境特点。比如户外变电站的温湿度变化很大,工业区域会有很强的电磁干扰,要是不针对这些环境制定优化措施——比如在高湿环境下给装置加装防潮装置,在强电磁干扰区域优化装置的屏蔽设计,装置安装到现场后,就会因为环境因素,出现元件性能下降、信号识别出错的问题,動作可靠性大幅降低。再一方面,优化工作没有后续的跟踪机制,没覆盖装置的运行阶段。有些试验中,工作人员只在电气试验期间,完成了可靠性优化,只要试验合格,就不管后续了,没有建立装置运行阶段的跟踪监测机制。这样一来,就没办法实时掌握装置运行时,動作性能有没有变化——比如是不是出现了動作响应变慢、信号识别灵敏度下降的问题,也没办法及时发现装置运行中,因为元件老化、环境影响,导致的可靠性下降。最终装置在运行后期出现故障时,没办法及时处理,引发电网安全事故,没办法实现動作可靠性的持续保障。

2 电气试验中继电保护装置的定值校验科学流程

2.1 明确定值校验依据,适配电网实际工况

校验前要把依据理清楚,保证定值符合电网运行需求。一方面,收集电网核心参数,包括当前负荷大小、线路的电阻和电抗、故障电流计算值,以及不同运行方式下这些参数的变化范围,明确装置要防哪些故障、保护哪些范围,为设定定值提供数据;另一方面,结合行业标准和电网运维要求,确定装置的動作原则,比如“先

近后远”切断故障，同时明确过流、速断等不同保护功能的定值配合关系，避免不同装置定值冲突导致保护失效，让定值既合标准，又贴合电网实际。

2.2 开展全环节定值校验，覆盖数值与逻辑

按“基础数值校验—联动逻辑校验—边界条件校验”的步骤，全面找问题。第一步，基础数值校验：用专业仪器输入预设参数，测装置的动作电流、动作时间、返回系数等，看是否和设定依据一致，逐一核对每个保护功能的定值，确保单个数没错；第二步，联动逻辑校验：模拟电网多故障或多装置协同的情况，测不同保护功能的定值配合是否顺畅，比如速断和过流保护的动作时间是否衔接，不同装置的定值是否冲突，避免逻辑问题导致拒动或误动；第三步，边界条件校验：模拟电流接近动作电流上下限的情况，测装置能否准确动作，确保临界状态下不出现“该动不动”或“不该动误动”。

2.3 模拟故障验证，确认校验效果

定值校验完，要模拟实际故障，验证装置动作是否有效，避免“数值对但动作错”。一方面，搭模拟故障环境：用故障模拟装置，生成和电网真实故障一样的信号，比如短路电流、过载信号，输入到继电保护装置；另一方面，观察装置动作：记录动作时间、动作方式是否符合定值和保护原则，同时看装置能否把故障信号准确传到监控系统。如果动作异常，就回头查之前的校验流程，找定值或装置本身的问题，直到模拟故障下装置动作完全符合要求，才算校验合格。

3 电气试验中继电保护装置动作可靠性的优化方向

3.1 优化装置自身性能，关联定值校验结果

以定值校验为基础，针对性提升装置性能。一方面，查缺陷部件并更换：校验时顺便查继电器、电容、芯片等核心元件，看是否老化、接触不良，有问题就及时换，避免元件问题导致动作慢或失效；另一方面，优化动作逻辑：如果校验发现“定值配合好但动作慢”，就调整信号处理程序，提高故障识别速度；或按定值的保护范围，优化动作优先级，确保装置按要求快速、准确动作。

3.2 适配运行环境，减少外部因素干扰

结合试验和实际运行环境，做好防护，降低环境影

响。一方面，管控试验环境：试验时把温湿度、电磁干扰控制在装置适配范围内，避免环境导致校验数据不准；另一方面，加装防护装置：试验合格后，按装置安装场景，加防尘、防潮、防电磁干扰的外壳，或装温湿度调节设备，避免长期运行中环境加剧元件损耗，导致可靠性下降。

3.3 建立后续跟踪机制，保障可靠性持续

试验后，建“定期复查—动态调整—故障回溯”机制，防止可靠性下降。其一，定期复查：按固定周期查装置动作性能，结合电网工况变化，重新校验定值，及时调整不符的定值、修好坏掉的部件；其二，动态调整：电网负荷增加、线路改造后，同步重新校验定值、优化动作性能，确保装置适配新工况；其三，故障回溯：电网出故障后，查装置动作记录和之前的试验数据，看动作是否正常，有拒动、误动就找问题，优化后再试验，持续完善可靠性保障。

4 结语

电气试验中继电保护装置的定值校验与动作可靠性优化，是保障电力系统故障防御能力的核心。当前，需正视校验依据模糊、流程不规范及可靠性优化碎片化等问题，通过明确适配电网工况的校验依据、开展全环节校验与故障模拟验证，构建科学的定值校验流程；同时，从装置自身、环境适配、后续跟踪维度优化动作可靠性，实现“定值精准—动作可靠—持续适配”的目标。唯有将定值校验与动作可靠性优化深度结合，才能让继电保护装置充分发挥故障防御作用，为电力系统安全稳定运行筑牢防线。

参考文献

- [1] 孙帆, 刘锦文. 智能变电站的继电保护系统可靠性分析[J]. 集成电路应用, 2023, 40(12): 284-285.
- [2] 沙韵. 继电保护设备与自动化系统的可靠性分析[J]. 电子技术, 2023, 52(11): 318-319.
- [3] 许双斌. 继电保护装置可靠性的测试及提升措施[J]. 光源与照明, 2023, (01): 174-176.
- [4] 唐明龙. 主提升机双线制保护装置可靠性分析及改进措施[J]. 煤矿安全, 2016, 47(06): 104-106+109.
- [5] 王涛, 尹仲超, 刘进华. 继电保护装置可靠性分析及改进措施研究[J]. 信息系统工程, 2014, (09): 62+69.