

发变组保护系统智能化升级策略研究

胡森

大唐蒲城第二发电有限责任公司 陕西渭南 715501

【摘要】在加强电力系统的信息化建设过程中，对于发变组保护系统来说，实现其智能化的升级已经成为保障发电机安全可靠运行的必然趋势，也是提升电力系统整体运行稳定性的有效方式之一。本文详细介绍了发变组保护系统智能升级相关内容和发展趋势，并分析了现有保护装置存在运维效率低、保护性能不足和技术不自主等问题，并针对这些问题结合现有技术的应用情况，提出了涵盖利用新技术提升技术水平的方法；完善实施流程的措施等内容在内的完整智能化改造策略、重构运维体系等三个层面的内容，以最先进的传感技术、数字化通信技术、人工智能技术和模块化设计思想为支撑构建一个具备全感知、自智、自主、自治的新一代保护系统，并以此取代传统定时检修模式，进入状态监测在线化阶段，实现单点响应到协同联动转变，从人工决策转变为智能决策。

【关键词】发变组保护；智能化升级；升级策略

Research on Intelligent Upgrade Strategies for Generation-Transformation-Protection Systems by

Hu Sen

Datang Pucheng No.2 Power Generation Co., Ltd., Weinan, Shaanxi 715501

【Abstract】In the process of strengthening power system informatization, achieving intelligent upgrades for generation-translation-protection systems has become an inevitable trend to ensure generator safety and reliability, as well as an effective approach to enhance overall power system stability. This paper details the relevant content and development trends of intelligent upgrades for generation-translation-protection systems. It analyzes existing protection devices with issues such as low operation efficiency, insufficient protection performance, and lack of technological autonomy. Addressing these challenges and current technological applications, the paper proposes a comprehensive intelligent transformation strategy encompassing three dimensions: methods to elevate technical capabilities through new technologies, measures to optimize implementation processes, and restructuring of operation and maintenance systems. Supported by cutting-edge sensor technology, digital communication technology, artificial intelligence, and modular design concepts, this strategy aims to build a next-generation protection system featuring full perception, self-intelligence, autonomy, and self-governance. This system will replace traditional scheduled maintenance models, transition into an online condition monitoring phase, shift from single-point responses to coordinated coordination, and transform manual decision-making into intelligent decision-making.

【Key words】Fa Bian Group Protection; Intelligent Upgrade; Upgrade Strategy

1 引言

随着能源结构调整以及新型电力系统的建设，在新的时代背景下，电源作为电能源头，其安全稳定运行显得尤为重要。发电机变频器保护系统是防止电气故障损坏发电机及主变等相关设备的第一道防线，发挥着重要作用，直接影响整个系统的安全可靠运行。然而传统发电机组转换单元保护装置存在二次回路复杂、装置端子排接线标准不统一、维护工作强度高、故障处理及排查困难等诸多缺陷，在新形势下诸如大量新能源并入、多种方式操作等新挑战面前暴露出其局限性。近年来，以互联网、大数据分析及处理、人工智能以及通信为代表的信息化智能技术为解决上述问题提供了新

思路。经智能化升级后，发电机变频器保护装置正朝着灵敏度高、可靠性更强、运行效率更高、可操作性更易等方面进行改进和发展。本文在此基础上对发电机变频器保护装置智能化升级需求、关键技术、实施路径进行探讨研究。并形成一套包括应用技术、实施流程及管理模式在内的综合优化措施，为发电企业及其他厂家提供一定的理论依据以及实践经验指导。

2 发变组保护系统智能化发展现状

2.1 技术发展现状

从技术层面分析，智能化改造的核心驱动力是数字化深

度集成,即网络化和智能化算法。首先是保护装置的数字化和网络化水平大幅提高,新一代的保护装置基本都采用 SV 抽采和 GOOSE 通信等技术为基础的这就使得信息传输、共享成为可能,为多套保护之间配合以及数据综合应用奠定了基础。例如用 GOOSE 来传送开关量信息,减少了冗余的二层电缆,提高了可靠性及维护性。同时保护原理、算法也得到了不断完善。尤其是在面对大型机组特别是新机种电力设备特有的保护需求方面,产生了新的保护判据并付诸实践。例如,针对百万千瓦水轮发电机定子绕组叠片式结构的设计带来的保护保护区问题,行业提出了采用光 CT 和电磁 CT 混合采样的新型分支环流相差动判据等等。有效克服了定子绕组小匝数短路故障灵敏度高的保护难题,大幅缩小了主保护范围。最后,模块化、标准化成为硬件开发的趋势。采用具有功能一体化及结构通用化的模块化保护装置,具备装置热插拔替换以及通讯方式统一等特点,在方便现场安装调试的同时也为不同厂家的装置混合配置、统一维护提供了可能。

2.2 应用实践现状

目前,在实际运用过程中,智能化不仅限于单一的装置功能延伸至全部的试验校验过程以及检修过程甚至是全系统的运行控制阶段。智能化运维机制也快速构建完成,诸多的供电企业已经开始研发关键站系统,对分布较为广泛的继电保护装置实施远方监视、智能巡检以及遥控操作等工作。例如,有供电企业开发了在线智能巡视软件,可以实现对全部保护装置的各种关键信息(包括模拟量、定值、开关位置等)进行全面的巡视,将单个装置人工巡视耗时从原来的 10 分钟缩短到不足 1 分钟,同时巡检周期也从原来的数月缩短至每日一次,智能化的试验校验技术取得突破。过去靠人工逐一手动完成、耗时数天的发电机组保护整定工作,如今被自动检测系统代替。它采用模板式试验及智能判别执行保护逻辑试验、生成试验报告等工作,将电流保护试验等复杂项目的的时间缩短了数倍,并且完全杜绝了人工录入失误的问题。高级别的智能化诊断预警也开始逐步应用起来,通过多维度运行信息的数据融合,在人工智能和大数据技术的支持下,部分先进的企业已经实现了对保护装置隐患的在线监控系统。该装置可以基于稳态信息及暂态信息实现保护逻辑、采样回路等的自动化诊断,准确预警隐性故障,实现由被动检修向主动预判转变。

3 智能化升级的必要性与主要挑战

3.1 升级必要性分析

升级必要性源于不断寻找更为安全的设备以及稳定的运行效果。比如核电机组它的保护系统稳定性以及执行精度

非常关键,一旦存在保护范围过小或者是误动作的情况,就会产生很大的经济损失以及危险。智能升级能够运用新技术有效填补保护盲区并提升复杂工况下判别准确率。同时,为满足日益增长的运维工作量及维护成本也需要进行改造。传统保护装置往往需要定期检修维护,费时费力又高度依赖于工作人员的专业技能。采用智能化技术能够通过通过对设备进行远程监视、自动检验、在线监测及预测检修等方式,极大降低了现场的工作强度及人员需求,减少了维修时间并消除了人因风险隐患。另外,这也是保证技术自己掌控的重要手段,在这个重要基础环节当中,如果能够用国内软件硬件所形成的自主可控的保护装置的话,那么它就可以给保障能源安全供给以及整个产业价值链的安全起到重要作用。已经成功在百万千瓦机组、水电机组、核电等不同发电类型中应用的国产化设备,证明了设备的技术可靠性,为全范围智能化升级提供了保障基础。

3.2 面临的主要挑战

发变组保护系统的智能化升级有诸多难点:第一,是技术集成度以及兼容性的挑战。目前发电厂内既有设备往来自不同厂家、不同时代,其技术参数、通信规约不尽相同,新老混杂的情况非常普遍。为实现全站信息的一致性采集、交互及智能化处理,需要解决多协议兼容、统一的数据模型等难题。第二,在实施改造过程中,如何做到不影响机组正常运行前提下平稳过渡至新旧两套保护系统也是很大的挑战,部分工程已经采用了过渡式的保护平台及无感投切技术去探索解决办法。第三,数据管理以及深度应用方面的难点是核心因素。智能化的高度取决于高质量的全息数据,但现有保护系统运行数据往往碎片化。缺乏有效的一体化数据分类融合方法,导致这些数据不能充分发挥其作用。因此,如何建立统一的数据模式和规则并利用人工智能算法从中提取信息来准确判定保护功能健康度和故障原因都是需要进一步研究的内容。最后,维护体制和人力的更新调整也不能忽视。自动化将给运维传统模式带来巨大的冲击,许多现场作业会被远程操控、自动完成替代。这需要企业优化完善运维管理模式、工作流程以及安全管理规定,并培养出既懂保护基本原理,又具备信息通信技术以及数据分析能力的复合人才,以适应新的维修运行模式为前提。

4 发变组保护系统智能化升级策略

4.1 技术架构升级策略

技术迭代为智慧化转型提供基础条件,以构建开放式、立体化、协同式智慧防御系统为主要目标,推动硬件统一化、软件功能个性化为主线,积极推行硬件模块化、平台化设计,实现统一外设接口及通信标准,便于扩展及后续维护。在软

件方面,采用可配置逻辑单元和算法单元实现保护功能柔性组合与在线升级,以便及时适应电网运行方式变化以及新型故障需求。同时,做好全景感知融合多源信息的研究。除现有电测外,配合光谱电压表、无线测温、局放噪音等各类传感器采集更多设备状态量,并利用统一时间序列数据中心将保护、录波、状态监测、电力调度等系统进行数据分析,提供全面的数据画面供高级应用使用。其次,应大力研究嵌入式智能化以及协同判别算法。采用轻量级 AI 算法嵌入保护装置内,实现对故障特征的快速辨识以及初步诊断结论。在站控或者主站层面放置更加复杂的智能算法,基于广域信息实现多重保护配合、隐性故障隐患预判、系统事故综合分析等,提升保护的适应性与选择性水平。

4.2 实施路径升级策略

“提高防御应遵循总体规划、循序渐进、可控安全”,的原则制定发展规划。首先是全面规划分级,事先应对现有防御体系中设备水平、能力短板、数据基础及网络现状进行全面评估,在此基础上根据设备重要程度、老化程度以及经费投入度等因素制定不同层次的建设方案,从最小的增益功能即智能化巡逻、实时监测等开始到关键性的武器系统升级,再到下一步的主要手段是采用最小停电时间及无缝转换技术的应用,在尽量减小改装影响的前提下,应大力应用经过验证的“零停电、少停电”改装技术。例如,可以采用搭建临时防护台架、调整通讯规约的方法实现新旧设备并行运行,在充分安全演算及防护措施的前提下完成频道间无缝切换,以达成平滑转交业务的目标。最终在整个过程中坚持模拟验证与闭环反馈的原则,利用数字孪生仿真系统对新建构的防御架构、算法机制及协同管理模式进行大量仿真推演验证。在完成真实的更新后,还需要建立一个反馈评价机制去监控这个系统运行的状态并及时修正该系统的配置及计算方法,从而达到“计划、执行、检查、处理”的管理过程。

4.3 运维管理体系升级策略

对于智能化保护装置,需要新型运维管理模式支撑其稳定可靠运行。关键是建立集中式、远程式运作模式,将所有

运维资源进行集中,构建区域层面的智能运维中心,以主机系统代替人工现场开展大量定检、巡检以及数据分析工作。这样可以解放一线技术员,使其专注于复杂分析和策略制定,并可发挥人才集约化的优势来提升整体运维决策水平。相应地,需建立面向风险的预知修制度体系,打破传统固定的检修周期,结合智能预警平台提供的设备状态评价和风险预判的数据,实时编制维修策略。对状态良好的装备可以延长周期检查,对存在潜在风险的装备实施精准管控,从而实现最佳运维资源配置及装备可靠性水平的有效提升。同时,也要注重安全保障能力和自主可控能力建设。智能时代的到来,让攻击面在不断扩大,因此要构建从端到网到主机纵深防御的安全体系。对于重要设备,尤其是关系国家能源安全的重要站点,在条件允许的情况下,建议尽可能采用经权威部门检测认可的国产自主可控保护设备及软件,做到从芯片、操作系统到应用程序完全自主可控,从而保障智能化改造有一个良好的安全起点。

5 结语

综合而言,发变组保护系统智能化改造是集科技化、运行化、规范化于一体的项目工程,是实现电力科技数字化转型的重要组成部分。当前在数字化检验技术、网络通信技术和人工智能技术的加持下,该工程项目得以从理论走向实践,在实践中体现出提升保护性能、优化运行模式、保证装置独立性等功能优势。但智能化的完全实现还涉及技术融合、数据应用及系统改造等深层次的问题,未来发变组保护将不再是单纯的故障隔离装置,而将是具备自感知、自判断、自决策、自适应能力的发电机-电力系统的有机整体。因此,在坚持科技创新的同时,还需要电力企业前瞻性规划、机构建设及人才培养等方面的努力配合,实现技术创新与管理创新双轮驱动,逐步建立适应新形态电力系统运行的新一代发变组保护体系,保障新能源发展和电力系统安全稳定运行。

参考文献

- [1]刘道玉,邓桃,崔晓通.发变组保护动作对机组启动过程的影响分析[J].电站系统工程,2025,41(04):80-81.
- [2]秦贵林,张海霞,晋兆安,等.发变组全微型智能测量优化一次调频设计分析[J].科技资讯,2025,23(06):71-75.
- [3]裴丽秋.一种非同期闭锁功能的发变组同期并网控制系统的研究设计[J].电工技术,2021,(15):162-163+166.
- [4]杜亦非.浅谈如何提高对660MW机组工程发变组继电保护调试的质量[J].科技创新导报,2019,16(05):27-28.
- [5]易永辉,沈燕华,张玉宝,等.新一代大型智能水电厂发变组保护装置设计及应用[J].电力系统保护与控制,2018,46(07):138-143.

作者简介:胡森,1994.12,男,汉族,陕西渭南人,本科,工程师,研究方向:电气工程。