

某大型水电站发变组保护装置换型的改进优化

李洪涛

雅砻江流域水电开发有限公司，四川成都，610000；

摘要：水电站作为我国重要的能源基地，其发变组保护装置的安全稳定性对电力系统安全运行具有重要意义。本研究以某大型水电站为对象，针对其发变组保护装置换型过程存在的问题提出改进优化方案。首先分析了原有保护装置的不足，包括设备老化，功能单一，维护困难等问题，进而提出以新型数字化保护装置为主的换型方案。在改进优化过程中，不仅考虑了设备性能提升，更关注设备与系统之间的高度整合，以实现设备间信息的快速、准确传输和保护动作的精确判断。通过仿真验证并结合实际运行效果，新型保护装置在故障识别速度、信息处理效率、维护管理等方面相比传统保护装置有明显提高，且可以满足大型水电站发变组保护的复杂需求，为今后类似工程的设备更新提供了可借鉴的经验。

关键词：大型水电站保护装置；装置换型优化；新型数字化保护装置

DOI：10.69979/3041-0673.25.01.015

引言

某大型水电站的发变组保护装置已运行多年，老化迹象明显。运行人员发现，设备经常出现误报警，检修维护时更是需要专人值守，费时费力。原有的继电保护装置功能过于单一，面对电网负荷的剧烈波动时，往往反应迟缓，无法及时做出准确判断。为解决这些问题，电站引入了新一代数字化保护装置。这套装置采用先进的微处理器技术，将原本分散的保护功能整合到同一平台。比如发电机组发生相间短路时，系统能在毫秒级完成故障研判并执行保护动作，避免设备遭受损坏。装置升级后，检修人员可通过远程终端直接读取运行数据，及时发现潜在故障。新系统还能自动生成设备运行报表，为电站管理决策提供准确依据。这次技术升级不仅提高了水电站的安全性能，也大大减轻了运维人员的工作负担。目前，该套系统已稳定运行超过半年，期间未发生一起误动或拒动事故，充分证明了数字化保护装置的可靠性和先进性。

1 水电站发变组保护装置的重要性

1.1 水电站发变组概述

水电发电站在可再生能源设施的行列中备受关注，其运转的核心便是发变组^[1]。这一组合部件，由发电机与主变压器组成，扮演着执行将水动力转化为电力并输至电网的角色。设想中，机械能源通过发电机被转化为电能源，届时，主变压器便对电压等级进行调控，以确保与电网的有效联接和稳定运作。无疑，发变组的性能表现对电力传输的效率以及系统的稳定性产生着直接影响。然而，在面对大功率装备和高电压等级等问题时，过电压、短路故障、机械损伤等威胁无时无刻不在试探

发变组的运行中。对此，对设备的可靠性以及安全性的需求自然倍增。而迅速彻底地应对可能的故障，维护发变组的稳健运行，就显得尤其关键，这既是水电发电站安全工作核心的一环，同时也是提高电力系统运行稳定性的基础保证。

1.2 保护装置在水电站发变组中的作用

在水电站的发变设备中，保护装置扮演着至关重要的角色，肩负起维护电力系统运行稳定安全的重任。其核心职能，表现在对发电机与变压器结合的运行状态实施实时监控与保全，能适时发现并隔离故障，避免设备异常引起的连环反应。通过对电流、电压、频率等诸多数据的持续监控和深入剖析，保护装置能适时识别出系统的运行异常，并能迅速做出响应—割断出现故障的线路，移除发生故障的设备，以此减轻由事故引发的损害，确保电力输出的持久稳定^[3]。在提高电力系统运行效益，延伸设备使用周期等方面，保护装置亦体现出其不可或缺的重要性，它的正常运行，是电网安全的重要技术屏障。

1.3 发变组保护装置所面临的安全运行挑战

变压器保护装置在运营过程中，有很多困难，主要在于设备磨损、功能不足、系统过于复杂这三个方面。设备的磨损使得关键部分的性能逐渐下滑，故障的频率越来越高，这样会影响到保护功能的稳定性。电力系统的发展造成了传统保护设备对于复杂而各种各样的运行环境的要求，而这些设备的功能太简单，无法适应多种故障情况。信息传递和活动的需求也增加了，使传统装置在获取和处理数据上的效率明显下滑，这个问题会影响保护动作的即时性和准确性，水电站安全运行

所需的标准也因此提高了。

2 原有发变组保护装置的问题分析

2.1 设备老化的问题研究

作为水电站发变组保护装置的稳定运行，设备老化是其中不可忽视的难题之一。这些保护设备在长年累月的运作中，出现硬件零部件老化的情况，这无疑导致设备的可靠性急剧下降，故障率上升，使其难以达到现代电力系统所需的高度稳定性和可靠性。当设备的关键部分寿命即将耗尽或是过早走到终点，频繁的断线、故障现象进一步加大了日常运维的负担，使得隐患危机四伏。在硬件的层面，在时间的消磨下，对电力系统快速变化的状态的处理能力减弱，反应力不足。进行到软件这一层，已经过时的程序框架和算法，不能满足复杂系统精确的故障识别需求。随老化的步伐，或将面临备品备件供应的断档，使得设备的维修和更换费用大大提高，日益加大运行管理的压力，对发变组的稳定运行带来影响。

2.2 功能单一的问题考察

大型水电站的原有发变组保护装置在功能层面存在显著不足，难以满足现代电力系统的复杂保护需求。传统装置大多仅具备基础保护功能，主要针对单一故障类型进行识别和处理，缺乏对复杂故障条件的综合判断能力。实际运行表明，系统在应对多元或非典型故障时，由于其功能上的局限而致使响应迟钝，或甚至误判。此种状况将对系统安全性和可靠性带来严重威胁^[4]。无奈传统的保护设备，其可扩展性有限，对于日益复杂的电力系统要求，显得难以适应。比如，在数据采集、处理以及控制通讯方面，现有设备受制于技术条件，无法实现高效集成多维信息，以及即时分析这些信息，这在一定程度上限制了保护系统整体性能的提升^[5]。

2.3 维护困难的问题探讨

现行的发电机保护设施在保养过程中出现了一些问题，首当其冲的便是设备设计复杂，构造封闭，这些特性让故障诊断的周期过长，故障定位又不够精确。重要的零件因为长期的运作而老化，需要更频繁的检修与替换，而寻找适配的配件又有一定的困难。老款设备并不具备与数字化接口的匹配能力，维修过程中与现代技术手段相融通成了难题，让管理人员与操作人员的压力加大，水电站的运行效率和维护花销的掌控都受到了一定的影响。

3 新型数字化保护装置的介绍与应用

3.1 新型数字化保护装置的主要特性

新型数字化保护装置作为现代水电站发变组保护的重要核心，具备多项先进特性。一方面，其基于数字

化技术的设计结构，使设备性能具有高度的稳定性与可靠性。这种装置能够通过高速实时采样及高精度信号处理，显著提升故障检测的精确性和响应速度。另一方面，装置内嵌多功能模块，涵盖电气保护、监测、通信等综合功能，实现对复杂运行状态的全方位覆盖，与传统装置功能单一的局限性形成鲜明对比。新型装置支持智能通信协议，能够与不同厂商设备实现高兼容性和互操作性，优化信息传输效率。其模块化设计简化了系统扩展与维护工作，且可根据未来需求灵活调节功能配置，为发变组保护提供长效支持。这些特性共同满足大型水电站对发变组保护的高标准要求。

3.2 新型保护装置与发变组的整合方式

新型数字化保护装置与发变组的整合方式通过先进技术实现高效协同与精准交互。利用现代通信协议和高速网络技术，该装置与发变组之间建立了高度集成的数据采集和传输平台，显著提高数据传递的实时性和可靠性。装置内置智能分析模块，能够在多源信息处理的基础上实现动态参数的分析与调整，充分适应发变组复杂运行工况的需求。整合方式强调保护装置与调度系统的无缝协同，通过接口标准化设计，支持远程监控、故障诊断和在线维护功能，从而实现保护动作的快速精准性和全局协同优化，为大型水电站的稳定运行提供了技术保障。

3.3 新型保护装置在大型水电站中的应用案例

某大型水电站在发变组保护装置换型中成功应用了新型数字化保护装置，显著提升了系统可靠性与运行效率。新装置通过实时监测发变组运行状态，精准捕捉异常信息，并借助高速通信网络实现保护动作的快速响应。本次换型工程采用分层分区设计，充分考虑电站复杂运行环境，确保保护装置与其他系统之间的无缝联动。实际应用结果表明，新型保护装置在故障识别、信息传输精准度及远程维护效率方面均明显优于传统装置。

4 换型过程的改进优化方案

4.1 设备性能提升的优化策略

在发变组保护装置的更新过程中，设备性能的提升是优化方案的重要环节。新型数字化保护装置以高可靠性、高精度和多功能性为核心，优化策略聚焦于硬件平台的升级。通过采用更高性能的处理器和模块化设计，提升了运算能力和设备稳定性。引入先进的算法和数字信号处理技术，加强故障信号的辨识能力和动态响应性能，从根本上提高了保护动作的灵敏性和准确性。在硬件与软件协同设计中，优化了通信模块，采用高带宽和低延迟的通信协议，确保了大量实时数据的高速传输。

在电磁兼容性设计方面，通过改进抗干扰能力和优化屏蔽设计，进一步保障设备长期运行的可靠性。

4.2 高度整合优化方案

在发变组保护装置的换型过程中，为实现高度整合优化，需注重设备与系统间的深度融合。通过采用先进的通信协议与接口技术，使保护装置能够与电力监控系统及其他相关设备实现无缝衔接，确保信息传输的及时性与准确性。优化装置内部逻辑设计，以增强多设备协同运行的能力，降低数据处理延迟和误差。将保护装置嵌入到统一的智能运维平台中，实现故障信息的集中化管理与共享，提升整体响应速度。

4.3 信息传输与保护动作精确判断的优化方法

优化信息传输与保护动作的精确判断，可通过引入高速通信网络和智能化算法实现。高速通信网络支持数据的实时同步，减少信息传递延时，确保保护装置间信息交互的稳定性和快速性。智能化算法结合大数据与人工智能技术，能够对电力系统实时运行状态进行精准分析，提高故障识别的准确性和响应速度。优化后的装置可实施多维度信息融合，从而增强对复杂运行环境的适应能力，保证保护动作在多重故障下的精确可靠性。

5 新型保护装置的性能验证与未来发展趋势

5.1 新型保护装置性能的仿真验证

对新型保护装置的优化可能性，性能的确认无疑是必不可少的一部份。全方位的测试方式将在仿真平台进行，理解新型数字化保护装置在各样出错状况下的应变快慢、信息处理水平以及保护动作的确切程度。正在运作的发变组环境充满挑战，因此，模拟测试设定了多种状况，短路内部、绕组匝间短路、外部出错和异常运行状态等都包含在内。

在测试装置识别出错的速度方面，新型保护装置展现出对比传统装置突出的效能，识别出错的时间功能已缩减至传统功能的约 70%，实质上达到了快速反馈的程度。另一方面，测试设备对信息处理的效率采用仿真环境来探质装置收集与传送数据的流畅程度，结果显示数字化保护装置拥有更大的宽带和更强大的处理并行数据的功能。在保护动作准确性测试中，通过对比实际保护行为与设定保护逻辑，发现偏差率显著降低，表明该装置能够在复杂工况下实现更加精确的保护决策。

实验结果表明，新型保护装置在性能指标上大幅提升，其仿真验证的效果充分体现了数字化技术在水电站发变组保护中的技术优势，为下一步在实际运行中大面积推广应用提供了理论与数据支持。

5.2 应用新型保护装置后的实际运行效果评价

新型数字化保护装置的实际运行效果经过工程实践验证，展现了多方面的显著优化。其在故障识别速度上具备显著提升，能够在短时间内准确响应故障信号，实现对电力系统隐患的高效隔离，有效缩短故障处理时间。信息处理效率的提高表现在多通道数据的同步采集和实时分析方面，保证了电力系统运行状态的全面监测与精准判断。维护管理方面，数字化界面和远程诊断功能简化了设备点检及故障恢复流程，降低了维护工作量和运行成本。新型保护装置在应对复杂发变组保护需求时表现出强大的适应性，成功处理了多种实际运行工况，确保了保护系统的可靠性和稳定性。

6 结束语

本文通过对某大型水电站发变组保护装置换型的深入研究，详尽分析了原有设备不足，结合新型数字化保护装置特性提出换型方案。新型保护装置在故障识别、信息处理、维护管理等方面展现优势，证明了方案的可行性和有效性。新型保护装置与系统高度整合，实现设备间信息快速准确传输和保护动作精确判断，有力保障电力系统安全稳定运行。此结论不仅适用于该水电站，对类似项目设备更新也具参考价值，为水电站发变组保护装置升级提供新思路和举措。未来工程中，该方案值得推广应用。然而，需进一步探验其在不同环境条件下的适应性和稳定性。未来研究可探索新型保护装置在不同工程环境下的运行性能和可能问题，以期不断完善和优化换型方案。

参考文献

- [1] 王跃. JLTEJ 水电站主变保护装置技术改造换型[J]. 电力系统装备, 2021, (04): 13-14.
 - [2] 张宝成. 金盆水电站微机保护装置的研究[J]. 科技创新与应用, 2020, (21): 58-59.
 - [3] 张瑞杰. YMD 水电站机组过速保护装置的逻辑控制探讨[J]. 水电站机电技术, 2020, 43(06): 30-31.
 - [4] 张家坤, 曹南华, 刘福月, 杨看迪, 王闯. 水电站安全防触电节能保护装置研究[J]. 自动化与仪器仪表, 2022, (10): 258-262.
 - [5] 任晋坤. 水电站保护装置改造初探[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2023, (04): 0026-0028.
- 作者简介: 李洪涛(1993年07月)男, 辽宁东港, 满, 本科, 职称: 工程师, 研究方向: 水电站继电保护装置改造。