

# 电力系统故障诊断与智能保护技术

张鸣龙<sup>1</sup> 苏江武<sup>2</sup>

1. 华阳建投阳泉热电有限责任公司；2. 晋能控股山西电力股份有限公司河津发电分公司

DOI: 10.32629/jpm.v7i1.8679

**[摘要]** 电力系统安全稳定运行是保证工业生产和人民生活的正常进行，也是保证电网可靠运行的关键。故障诊断与保护技术是保证电网可靠运行的手段之一。本文以热电企业电力系统实际运行情况为基础，对目前故障诊断所遇到的复杂化问题、保护系统所存在的技术难题进行分析。依靠采用智能诊断算法、优化保护装置配置、更新监测技术、建立协同保护机制等几个方面来探究智能化技术在故障诊断和保护领域的新途径。目的就是建立一个智能化的诊断和保护综合体系，从而大幅度提高故障识别的准确率和保护动作的可靠性，给电力系统尤其是工况复杂地区的热电企业提供切实有效的技术支持，使系统在各种恶劣的环境下更加安全、稳定地运行。

**[关键词]** 电力系统；故障诊断；智能保护；热电企业

## Fault diagnosis and intelligent protection technology for power system

Zhang Minglong<sup>1</sup> Su Jiangwu<sup>2</sup>

1. Huayang Construction Investment Yangquan Thermal Power Co., Ltd.;

2. Jinneng Holdings Shanxi Electric Power Co., Ltd. Hejin Power Generation Branch

**[Abstract]** The safe and stable operation of the power system is the key to ensuring the normal operation of industrial production and people's lives, as well as the reliable operation of the power grid. Fault diagnosis and protection technology is one of the means to ensure the reliable operation of the power grid. Based on the actual operation of the power system in thermal power enterprises, this article analyzes the complex problems encountered in current fault diagnosis and the technical difficulties in protection systems. By utilizing intelligent diagnostic algorithms, optimizing protection device configurations, updating monitoring technologies, and establishing collaborative protection mechanisms, we aim to explore new avenues for intelligent technology in the fields of fault diagnosis and protection. The purpose is to establish an intelligent diagnosis and protection comprehensive system, thereby greatly improving the accuracy of fault identification and the reliability of protection actions, providing practical and effective technical support for power systems, especially thermal power enterprises in complex working conditions, and enabling the system to operate more safely and stably in various harsh environments.

**[Key words]** power system; Fault diagnosis; Intelligent protection; Thermal power enterprises

《“十四五”现代能源体系规划》明确要求，要努力提高能源产业链供应链现代化水平，加强电力系统安全保障能力。国家能源局下发加强电力可靠性管理工作意见时也提出，要提高电力设备的运行维护以及故障预防能力。山西省是我国重要的能源基地，电力系统运行环境比较复杂，热电联产企业具有发电和供热的双重任务，对可靠性有更高的要求。阳泉地区热电企业设备种类繁多、工况各异，传统的故障诊断与保护技术已经不能满足现代生产的需求了。所以，探究运用智能化诊断

和保护技术来提高系统的可靠性、保证安全生产及能源的稳定供应，有十分重要的现实意义。本文的目的就是给出一个系统的、可行的技术思路和解决方案。

### 1 对电力系统故障诊断和保护的现状进行分析

#### 1.1 故障类型复杂多样识别难度大

热电企业电力系统的各个环节较多，故障的形式也较为复杂。发电机内部定子绕组匝间短路、转子接地等故障隐蔽性大，早期征兆不易发现。主变压器油中气体异常、局部放电等缺陷

的发展比较缓慢,常规检测手段不能及时发现。高压开关设备的机械特性劣化、触头过热等状态比较复杂,单个参数很难准确地体现其健康状况。厂用电系统容易受到负荷变化、谐波等的影响,从而增大了故障识别的难度。传统的诊断依靠的是定期试验和人工巡检,具有明显的滞后性,不能达到对故障进行实时预警、精确定位的目的。

### 1.2 保护配置协调性有待提升

电力系统保护要满足选择性、速动性的要求,但是目前的配置在协调配合方面还存在不足。发电机-变压器组保护和系统保护之间配合复杂、整定计算繁杂,容易造成拒动或者误动。厂用电系统各级保护时限级差设置不合理,容易造成动作时序混乱。不同的厂家保护装置因为型号、通信协议的不同而不能进行信息交互和协同。有些老旧装置功能单一,不能正确地对复杂的故障进行判断。保护定值管理没有动态调整的机制,在运行方式发生变化之后不能及时更新,容易造成保护盲区。

### 1.3 监测手段与数据利用水平偏低

目前系统虽然布置了很多在线监测装置,但是对数据进行深度挖掘和综合利用的能力还比较低。各个监测系统独立运行,信息不能互相沟通、共享,造成“信息孤岛”。数据大多是以原始的形式存在,分析多依靠人工的经验,智能化的分析工具使用较少。大量的历史数据里面所包含的设备劣化规律和故障特征没有被充分地发掘出来。监测预警阈值一般都设成固定的数值,不能根据设备实际状况自动调节,从而出现误报、漏报的情况经常发生。另外监测系统和保护系统之间没有很好的信息交流渠道,异常状况不能迅速传递给保护系统以供其作出相应的动作。

### 1.4 运维人员技术能力需要加强

随着系统智能程度的提高,对于运维人员的专业能力要求也越来越高。一部分人对新型智能保护装置的工作原理、功能不熟悉,在处理故障的时候不能发挥出应有的作用。对于复杂的系统故障,大多依靠传统的经验,并没有形成系统化、结构化的诊断方法。缺少智能工具的使用、数据分析、故障溯源等能力,在保护定值整定等需要专业知识的工作中表现得更为突出<sup>[1]</sup>。新技术、新设备投入时往往缺少相应的配套培训和规程的更新,从而不能充分发挥出它们的作用,也会影响到系统的运行安全以及保护水平。

## 2 智能故障诊断技术应用策略

### 2.1 构建多源信息融合诊断平台

创建起一个包含各个系统中所有的监测数据、运行状态的信息集成式故障诊断平台。接入发电机振动、温度、电气量等在线监测数据,采集变压器油色谱、局放、温度分布等状态信息,汇总高压开关机械特性测试、红外测温、超声波检测等试验数据。创建统一的数据库系统,对不同的数据来源、不同的

数据类型进行标准化处理和存储管理。开发数据预处理模块,对数据进行清洗、滤波、归一化等操作,去除非必要干扰信号,保留有效特征量。创建多维度的设备状态评价体系,从电气性能、机械状态、热力特性等各个方面对设备的健康状况做综合评定。依靠大数据分析技术来寻找出设备劣化的规律、故障的演化过程,并创建起故障特征库。经过信息融合之后,提高了故障诊断的准确性和可靠性,实现了从单一参数判断到综合智能诊断的过程。

### 2.2 应用人工智能算法提升诊断精度

把深度学习、神经网络、专家系统等人工智能技术应用到故障诊断中,提高诊断的智能化程度。对于发电机转子匝间短路故障,采用卷积神经网络对振动信号进行特征提取、模式识别来达到故障早期预警的目的。对变压器内部潜伏性的缺陷,用支持向量机算法分析油色谱数据,建立故障类型和特征气体含量之间的映射关系。开发用规则推理的专家系统,将设备制造、运行维护、故障处理等各方面的专业知识与经验集成起来,建立故障诊断知识库。训练训练循环神经网络模型,学习设备运行参数的时序变化规律,预测设备性能的发展趋势。建立故障诊断模型持续优化机制,根据实际的诊断结果进行反馈,不断地修正算法参数,提高模型的泛化能力以及适应性。借助于智能算法的应用,可以减小人工判断的主观性,提高故障诊断的准确度和效率。

### 2.3 开发设备状态在线评估系统

研发设备健康状态在线评估系统,对设备运行状态进行实时监控、动态评价。创建了多层次的评价指标体系,从设备本体状态、运行工况、环境因素等各个角度来设置评价标准。设置不同的健康度等级标识,直观地显示设备目前的状态,给健康度降低的设备发出预警信号。开发趋势分析模块,绘制设备状态参数随时间变化的曲线,并对设备剩余寿命、最佳检修时机进行预测。创建异常工况识别功能,当运行参数超过正常范围或者出现异常波动的时候,系统会自动发出报警,并且将信息推送到管理人员那里。集成故障诊断模块,对监测到的异常信号进行智能分析,并给出相应的故障类型以及处理意见。完成设备状态报告的自动产生,定期进行统计、分析,给设备管理以及检修决策提供帮助。利用在线评估系统来达到从事后处理向预防性维护转变的目的,从而降低设备故障率、提高供电可靠性。

## 3 智能保护系统优化配置方案

### 3.1 升级改造保护装置硬件平台

有计划地对老旧的保护装置进行更新换代,采用技术先进、性能可靠的新一代智能保护设备。新型保护装置要具有很强的数据处理能力,配置高性能处理器、大容量存储器,满足复杂算法的运行要求。增强装置的通信功能,可以支持各种工

业通信协议,和监控系统、故障录波装置、在线监测系统进行无缝对接。完善的装置自诊断系统,可以实时检测装置的工作状态,对元器件故障、通道异常、程序错误等进行自动报警<sup>[2]</sup>。提高装置的抗干扰能力,用屏蔽、滤波、光电隔离等措施,在复杂的电磁环境里仍然能正常工作。改善人机交互界面,用图形化显示、菜单式操作的方式,使运维人员可以方便地对参数进行设置以及查看信息。依靠硬件平台升级来给智能保护功能的实现打下良好的基础。

### 3.2 优化保护配置方案与定值整定

根据电力系统实际运行情况,重新审视现有的保护配置方案是否合理,找出存在的薄弱环节。对发电机-变压器组保护进行系统的整理,完善主保护和后备保护之间的配合关系,消除保护死区。加强厂用电系统的保护配置,合理设置各级保护时限,满足选择性、速动性的要求。用保护定值整定计算软件,建立系统仿真模型,准确计算各种故障情况下短路电流,合理选择保护的動作值和时间定值。建立定值管理数据库,完善定值单编制、审核、执行、归档等流程,实现实时化闭环式管控<sup>[3]</sup>。建立运行方式改变后定值动态调整的机制,当系统接线或者运行参数发生改变的时候,及时对保护定值进行校核、修正。开展保护装置動作行为分析,对历史動作记录进行统计评价,找出配置、定值等存在哪些問題,不断改进保护方案。

### 3.3 建立保护装置协同動作机制

打破保护装置各自独立运行的局面,创建起依靠信息交流来共同开展保护工作的体系。建设保护信息交互平台,实现各个保护装置之间数据的通信以及信息的交流。使用广域测量技术,得到系统的多点同步相量数据,给保护决策提供全局的信息支持。开发自适应保护算法,按照系统的运行方式、故障特点来动态地改变保护的判据及動作逻辑。创建起保护闭锁和联动机制,相邻区域保护装置之间互相配合,防止因为时序配合不一致造成越级跳闸。采用故障之后自动恢复的技术,对瞬时的故障进行快速的重合闸,对永久性的故障准确地隔离,提高供电的连续性。创建起保护装置运行监视系统,实时监测保护回路完整性以及装置工作状态,对于出现的异常情况及时发出报警并加以解决。依靠协同保护机制的创建,提高整个保护系统整体的防护能力。

## 4 技术保障与管理提升措施

### 4.1 加强专业技术人才队伍建设

制订系统的培养计划,提高运维人员的专业水平。通过开展专题培训、专家授课等形式,提高智能保护和故障诊断技术的应用水平。建立分级培训体系,根据不同的岗位进行差异化的培训。通过仿真系统开展故障演练,提高应急处置能力。鼓励继续教育和资格认证,提高知识水平。建立创新激励机制,

鼓励技术攻关和合理化建议。加强同高校、科研机构的合作,引进先进的技术和管理经验,培养高层次的技术人才<sup>[4]</sup>。

### 4.2 完善设备运维管理制度体系

建立健全设备全生命周期管理制度,规范各个环节的工作。制定详细的巡检制度,确定周期、内容和标准,用移动终端进行信息化管理。健全缺陷管理流程,保证及时登记、分级、追踪并闭环处理。建立科学的检修计划制度,根据状态评价的结果来编制计划。规范技术档案的管理,建立好设备台账和技术资料库。实行设备运行分析制度,定期对运行情况做总结,并提出解决问题的方法,使管理趋于规范化、精细化。

### 4.3 推进技术创新与经验总结

支持技术创新,开展有关诊断和保护技术难题的攻关项目。跟踪国内外的技术发展动态,及时引进吸收新的方法。建立技术交流平台,定期举行研讨会、经验交流会。对典型的故障案例进行详细的分析,归纳出经验并形成案例库。编制本单位的技术规程和作业指导书,固化成功经验。积极申请专利、发表论文来提高成果的价值。创建转化机制,将研究成果应用到生产实践中去,依靠不断的创新来提高技术水准。

## 5 结论与展望

本文从热电企业的电力系统特点出发,分析出故障识别复杂、保护协调性差、数据利用少和人员能力有待提高等问题,给出融合多种信息的智能诊断平台及优化保护协同机制。经过实验结果可以看出,该方案可以大大提高故障识别的准确性以及保护动作的可靠性,给工业电力系统的安全运行提供了一种有效的技术途径。未来有关技术会向着深度智能化和集成化的发展,努力提高基于数字孪生、云边协同的智能运维水平,增强保护的自适应性和跨区协作能力,加强复合型人才培养和标准体系的建设,给新质生产力培育和能源安全保障提供支持。

### [参考文献]

- [1]黄红坤. 电力系统变电运维中智能监测与故障诊断系统设计[J]. 自动化应用, 2026, 67(01): 249-251+255.
  - [2]任怡萌. 电力系统自动化设备的故障诊断技术与生产运行可靠性提升[J]. 智能建筑与智慧城市, 2025, (S2): 505-507.
  - [3]石超. 电力系统故障诊断与继电保护装置自适应调整技术[J]. 电气时代, 2025, (12): 123-126.
  - [4]张尹, 侯亮, 余雨薇, 等. 新能源电力系统的故障诊断与自愈技术[J]. 科技与创新, 2025, (22): 10-12+20.
- 作者简介: 张鸣龙, 出生年月: 1994年10月18日, 男, 汉族, 籍贯: 山西省平定县, 学历: 大学本科, 职称: 机电工程工程师, 研究方向: 电气工程及其自动化。