光伏发电站的继电保护和自动化装置运维维护技术

文◆安徽理工大学　桂　冕　周孟然

引言

随着全球能源结构的转型与可持续发展理念的深入，光伏发电站作为清洁能源的重要组成部分，其地位愈加凸显，且发展趋势迅猛。继电保护与自动化装置作为光伏发电站的安全保障和运行管理的关键，承担着至关重要的角色。基于此，本文深入剖析了光伏发电站的基本架构与特性，详细探讨了继电保护技术，涵盖其在电站中的关键作用、各类装置类型以及变压器、逆变器等核心设备的针对性保护运维策略。同时，全面分析自动化装置的功能、常见类型，并深入研究监控系统、数据采集装置与远程控制装置的运维要点。通过详实的实例分析，给出了切实可行的运维方案，梳理了实际运维中面临的挑战，并提出了对应的解决策略，旨在为光伏发电站智能化运维提供坚实的理论支撑与实践指导。

1 光伏发电站概述

光伏发电站是一种利用太阳能进行发电的能源设施，其核心技术基于光伏效应，即将太阳光直接转化为电能，且具有显著的特点。第一，分布广泛，不受地域限制。第二，储量丰富，太阳能是一种近乎取之不尽、用之不竭的清洁能源。第三，清洁环保，发电过程无污染物排放。第四，随机性大，光伏发电的输出功率受天气、光照强度、日照时间等自然因素影响显著[1]。

2 光伏发电站中的继电保护技术

2.1 继电保护作用及其类型

继电保护基于故障检测原理设计，核心目标是快速识别并隔离故障点，从而确保电力系统整体稳定运行。于光伏发电站而言，继电保护不仅是系统安全的守护者，能够有效防止故障扩展，还是确保电力持续供应的关键。尤其在复杂多变的运行环境下，继电保护的重要性愈加突出。

光伏发电站内的继电保护装置种类繁多，其中，变压器保护装置用于监控变压器状态，一旦发生过压、过流等异常情况，立即启动保护；逆变器保护装置则专门针对逆变器，确保其在转换电能过程中的安全与稳定[2]。各类保护装置工作原理各异，但均围绕故障检测与隔离展开。变压器保护主要通过监测电压、电流等重要参数的变化，判断变压器是否异常；而逆变器保护则关注逆变器输出功率和波形等，进而确保电能转换质量。

2.2 继电保护装置的运维技术

继电保护装置运维需要采取一系列技术措施，并积极引入先进科技手段，革新运维方法。在具体运维中，需要遵循状态检测原则，定期巡视检查继电保护装置，及时发现潜在隐患。同时，重视运维工作规范，确保每一步操作都符合标准，从而减少人为失误。

2.2.1 变压器保护运维技术

变压器保护配置需要遵循一定的原则，其中主保护确保速动性，后备保护提供补充。前者通常针对变压器内部故障设计，后者则覆盖外部故障和主保护失效情况。不同保护类型需要结合变压器容量、电压等级以及系统运行方式合理选择，以确保保护配合协调与动作可靠。运维方面，变压器保护需要进行定期检查、测试与装置校验等工作。通过巡

【作者简介】桂冕（1998—），男，江苏淮安人，硕士，助理工程师，研究方向：电力系统自动化。

视检查来识别设备异常，进行测试以验证保护功能完整性，并定期校验以确保保护定值准确。此外，故障处理作为变压器保护运维的重要环节，常见故障包括但不限于装置本身故障、误动和拒动等，对此，需要深入分析故障类型和原因。在处理故障时需要遵循基本流程，注意安全措施，确保快速准确定位与处理问题，恢复变压器正常运行。

2.2.2 逆变器保护运维技术

逆变器负责将光伏电池产生的直流电转换为交流电，供电网使用。逆变器的稳定运行直接关系到发电效率与电能质量。一旦发生故障，就会导致系统停运、设备损坏，甚至引发安全事故。因此，采用多种逆变器保护配置至关重要，如过流保护和短路保护。过流保护监控电流大小，避免逆变器因过流而损坏；短路保护则能够在发生电路短路时迅速切断电源，从而保护电力设备与系统的安全[3]。运维管理方面，逆变器保护需要定期检查与维护，并及时处理故障。同时，运维人员还需要记录并深入分析保护运维数据，为后续的系统优化与故障预防提供依据。

3 自动化装置运维维护技术概述

3.1 自动化装置作用与类型

自动化装置是通过技术手段实现电力系统自动化控制与管理的设备，主要通过信息处理单元、执行器和传感器等部件实时监测、控制和管理系统。其精确控制能够确保各组件的协同工作，从而显著提高系统运行效率，减少人为干预，降低故障发生率，增强系统可靠性。在光伏发电站中，常见的自动化装置包括监控系统、数据采集装置与远程控制装置等。监控系统实时监测电站的运行状态，确保各项参数正常；数据采集装置负责收集运行数据，为分析和优化提供依据；远程控制装置则可实现对光伏发电站的远程操作，显著提高运维效率。

3.2 自动化装置的运维维护技术

为进一步加强运维监控，应积极引入数字化、智能化等前沿技术。运用数据采集系统实时收集自动化装置的运行数据，为后续运维分析提供数据依据；运用大数据分析技术实时处理与分析数据，及时发现潜在问题；远程控制技术的应用，使运维人员能够远程操控与灵活调整自动化装置，进一步提高运维效率与响应速度[4]。

3.2.1 监控系统运维技术

在光伏发电站中，监控系统主要负责实时监测系统运行状态并进行数据分析。该系统通过强大的监测功能，能够及时识别并发现设备异常，提供故障预警信息，并在事故处理中帮助快速定位问题。实际运维中，监控系统需要定期检查设备状态、进行软件升级与数据备份，同时加强运维人员的专业培训，确保高效运维。此外，针对常见故障，还需要分析其类型与原因，制定处理流程并注意操作事项，以确保系统稳定运行。

3.2.2 数据采集装置运维技术

数据采集装置主要用于实时采集和存储电站的运行数据，为后续的数据分析与决策制定提供数据支持，对提升系统性能和优化运行具有重要作用。由于数据采集装置种类繁多且各具特点，每种装置适应不同的应用场景，具备不同的性能参数。因此，选型时需要结合光伏发电站的具体需求和实际运行环境进行综合考量[5]。在运维管理方面，数据采集装置需要定期检查和维护保养。运维人员应及时记录和分析相关运维数据，识别并处理潜在故障，从而为系统优化和故障预防提供数据依据。

3.2.3 远程控制装置运维技术

远程控制装置使得对光伏发电站设备的操作和控制变得更加灵活，既有效提升了电力系统的运维灵活性，又显著降低了运维成本，从而提高了整体运营效率。该装置主要由接口、通信模块和控制模块等基本部件构成，依托先进的通信技术和控制算法，配合监控系统，通过数据采集装置实时获取数据，实现远程监控和调控，确保信息准确传递与命令有效执行[6]。在运维管理方面，远程控制装置需要定期进行设备状态检查、软件版本更新以及通信链路测试等。此外，还应对运维人员进行专业培训，提高技术水平和故障处理能力。

4 实例分析

4.1 运维实例分析

某光伏发电站采用了先进的继电保护与自动化装置，以确保电站的安全稳定运行。主要装置包括 XXX–9613D 线路光纤纵差保护装置、XXX–9611D 线路保护测控装置以及 XXX–9621D 站用变保护测控装置。其中，XXX–9613D 装置具备保护信息、测控以及异常告警等多重功能，其工作原理基于采样程序，通过自检与外部异常判断，决定是否进入故障计算程序或正常运行程序。此外，在装置闭锁与报警方面，一旦出现异常，

会立即显示报警信息，并闭锁部分保护功能，从而确保装置运行的可靠性。XXX-9611D 线路保护测控装置全面支持数字化变电站，可接入多种互感器，并具备丰富的保护功能配置。其工作原理是设置不同的启动元件，且仅有元件启动后方可计算所保护元件的运行状态。其采用双重化采样技术，确保采样的可靠性与保护行为的正确性。而 XXX-9621D 站用变保护测控装置则主要用于站用变的保护，具备高压侧正序反时限保护、低电压保护以及高压侧接地保护等功能。其工作原理与 XXX-9611D 线路保护测控装置相似，也采用互校与双重化采样技术。此外，该装置还具备三段过流保护功能，可根据实际需要独立选择是否经复压闭锁。实际运维过程中，当运行方式变化时，需按照规定的保护更改顺序完成相应操作。保护更改顺序表如表 1 所示。

表 1 保护更改顺序表

装置类型	定值调整方向	运行模式变更时序	优先调整侧	后续调整侧
电流 / 时间继电器	高 → 低	运行后调整	负载端	电源端
电流 / 时间继电器	低 → 高	运行前调整	电源端	负载端
电压 / 阻抗继电器	高 → 低	运行前先行调整	电源端开始	随后至负载端
电压 / 阻抗继电器	低 → 高	运行后再行调整	先调整负载端	后调整电源端

保护定值的调整应遵循相关公式进行计算。日常检查时，运维人员需要检查装置外壳、继电器触点、插件、压板和控制切换开关等是否正常，确保室内温度、湿度、电源监视灯以及信号灯等符合要求。在装置校验和回路更改后，必须检查安全装置是否拆除、图纸是否修改以及屏幕标志是否完整。同时，运维人员应准确掌握保护运行状态，并核对定值与通知单上的给定值是否一致。对于保护定值的更改或新装置的投入使用，必须严格按照规定执行。此外，在装置启停过程中，也应遵循操作规范，确保装置的安全可靠运行。

4.2 实际运维中面临的挑战与对策

在实际运维过程中，面临设备复杂性增加、技能要求提高以及新技术应用等挑战。因此，相应运维人员需要掌握更多跨学科知识来应对复杂环境。为应对这些挑战，需要加强运维人员的专业培训，提升其综合素质。同时，引入智能化运维技术，如大数据分析、人工智能等，以进一步提高运维效率与准确性。此外，完善运维管理制度，确保工作规范化与标准化。通过这些措施的实施，可以有效降低设备故障率，提升运维质量，为光伏发电站的稳定运行提供坚实保障。

结语

继电保护与自动化装置在光伏发电站中扮演着至关重要的角色，不仅保障了电站的安全性，还对其稳定运行起到了决定性作用。继电保护与自动化装置的运维技术直接影响电站的运行效率与可靠性，因而其技术水平的高低对整个光伏发电站的运营状态至关重要。加强对继电保护与自动化装置运维技术的深入研究，不仅能显著提升光伏发电站的整体性能，还能为电站的安全运营提供更加坚实的保障。展望未来，随着智能化、远程化、自适应化等先进技术的不断成熟与发展，光伏发电站的运维技术必将迎来一场深刻的变革。这些技术的发展将有效提升光伏发电站的监控、管理与优化能力，使其在应对复杂多变的运行环境时更加灵活与高效。同时，新的创新技术和应用将不断涌现，为光伏发电站提供更为智能化的运维管理方案，推动行业整体向更高效、更可持续的方向发展。

引用

[1] 殷良成.光伏发电系统性能及运维分析[J].水电与新能源,2024,38(2):62-65.

[2] 袁佐腾,田维青,杨洲,等.大规模复杂山地光伏发电数字智慧运维技术研究[J].电气技术与经济,2024(10):34-36.

[3] 毕波.智能变电站继电保护运维防误技术研究[J].电气技术与经济,2024(1):28-30.

[4] 陈秀斌,张超.一起风力发电机组箱变事故与保护研究[J].电工电气,2024(2):70-71.

[5] 王艺晓,宋森涛,蔡祥雨.智能化运维视角下的光伏发电项目投资评价模型研究[J].中国高新科技,2024(14):156-157+160.

[6] 卢阳,张宇川,陈星星.智能IV诊断在分析光伏低效子阵中的应用[J].科学与信息化,2024(4):36-38.