

# 浅析智能变电站关键技术

韩子鑫

国网北京电力公司检修分公司 北京 100073

**摘要:** 智能变电站作为现代电网的核心,依赖于数字化测量、标准网络化通信、智能高压设备以及系统集成等关键技术。这些技术为智能变电站提供了精准测量、高效通信、智能诊断和协同优化的能力。当前面临测量精度、通信安全、信息融合和设备可靠性等技术挑战。展望未来,人工智能、大数据、云计算等技术将推动智能变电站与智能电网的协同互动,实现电力系统的智能化、高效化和绿色化。

**关键词:** 智能变电站; 关键技术; 挑战; 未来展望

## 引言

随着智能电网的快速发展,智能变电站作为其核心组成部分,日益受到关注。智能变电站集成了数字化测量、网络化通信、智能高压设备以及系统集成等关键技术,为电力系统的安全、高效运行提供了有力支撑。通过精准测量和高效通信,智能变电站实现了设备状态的实时监测和电网的优化调度。智能高压设备的引入提升了设备的自我感知和自我调节能力,增强了电网的韧性和可靠性。

## 1 智能变电站关键技术

### 1.1 数字化测量技术

(1) 相较于传统的电磁式互感器,数字化测量技术展现出了明显的优势。传统的电磁式互感器存在着绝缘成本高、容易受磁饱和影响以及可能出现铁磁谐振等问题,这些问题在一定程度上影响了测量的精度和稳定性。而光电互感器则完美适应了智能电网数字化信号处理的需求,为智能变电站的数字化测量提供了有力的技术支持。(2) 光电互感器以其测量准确、实时性强、可靠性高等特点,成为了智能变电站数字化测量的重要工具。它可以广泛应用于保护、监控和测量为目的的高速遥感、遥测系统,确保数据的实时采集和传输。光电互感器还具有较高的抗干扰能力,能在复杂的电磁环境下保持稳定的测量性能。除光电互感器的应用,数字化测量技术还包括对测量数据的预处理和校准。通过对原始数据进行滤波、去噪等处理,可以消除测量误差和干扰,提高数据的准确性。

### 1.2 标准网络化通信技术

智能变电站关键技术中的标准网络化通信技术不仅为智能变电站赋予了强大的“神经”功能,更让各个设备之间实现了信息的无缝传递和协同工作,从而极大地提升了变电站的运行效率和安全性。(1) IEC61850标

准,作为智能变电站通信技术的核心,为整个变电站自动化系统的运行提供了坚实的理论基础和技术支撑。它详细规定了通信服务的方式、数据模型的构建以及设备描述的标准化,使得不同设备、不同系统之间都能遵循统一的“语言”进行沟通<sup>[1]</sup>。不仅信息在传输过程中的丢失和误差得到了极大的减少,且信息传输的实时性和准确性也得到了极大的提升。(2) 通过采用标准网络化通信技术,智能变电站中的各个设备,如变压器、开关、保护装置等,都能实时地交换信息,实现了真正的无缝连接。这样的连接不仅让设备之间能协同工作,共同应对各种复杂的电网情况,更让变电站的运行状态得到了全面的监控和管理。无论是设备的运行状态、故障信息,还是电网的负荷情况、电能质量等,都能实时地传输到中央控制系统,为运行人员提供全面的决策依据。

(3) 标准化通信技术的应用还极大地促进了不同厂家设备之间的互操作性。无论是哪个厂家生产的设备,只要遵循IEC61850标准,都能轻松地接入到智能变电站的系统中,实现信息的共享和协同工作。

### 1.3 智能高压设备技术

(1) 智能高压设备技术能实时监测设备的运行状态,包括电压、电流、温度等关键参数,并通过数据分析和处理,及时发现设备的潜在故障或异常情况,实现预警功能。不仅提高了设备的运行可靠性,还大大降低了因设备故障导致的电网事故风险。(2) 智能高压设备技术还具备自我决策和自我调节的能力。通过内置的算法和模型,设备可以根据实时运行数据和电网需求,自动调整其运行状态和参数,以达到最优的运行效果。这种自适应能力使得电网的运行更加灵活、高效,能更好地应对各种复杂多变的运行环境。(3) 智能高压设备技术还促进了设备间的信息交互和协同工作。通过高速通信网络和统一的信息平台,不同设备之间可以实时共享

运行数据和状态信息,实现协同控制和优化运行。

#### 1.4 系统集成技术

(1)从硬件层面来看,智能变电站涉及大量的传感器、控制器、执行器等设备。这些设备需要通过系统集成技术实现相互连接与通信,确保数据的准确采集和指令的快速执行。还需要考虑不同设备之间的兼容性问题,确保它们能在统一的平台上协同工作。(2)软件层面也是系统集成技术的关键所在。智能变电站需要依靠先进的软件平台来实现各种复杂的控制策略和数据分析功能。通过系统集成技术,可以将各种软件应用集成到统一的系统中,实现信息的共享和流程的优化。不仅可以提高系统的智能化水平,还可以降低操作难度,提高工作人员的工作效率。(3)通信协议的选择和配置也是系统集成技术的重要组成部分。智能变电站需要实现与上级电网、下级用户以及其他相关系统的实时通信。通过选择适当的通信协议和配置相应的通信设备,可以确保信息的快速传输和准确处理,提高整个系统的响应速度和稳定性<sup>[2]</sup>。

### 2 智能变电站的技术挑战与未来展望

#### 2.1 当前面临的技术挑战

##### 2.1.1 数字化测量技术的精度与抗干扰能力问题

1)提高测量精度是数字化测量技术面临的一大难题。随着电力行业的不断发展,对电网运行的精确度要求越来越高,智能化变电站作为现代电网的重要组成部分,其测量精度直接关系到电网的稳定运行和供电质量。如何进一步提升数字化测量技术的精度,减少误差,是智能变电站技术发展中亟待解决的问题。2)抗干扰能力也是数字化测量技术面临的重要挑战。在实际运行过程中,智能变电站不可避免地会受到各种外部干扰,如电磁干扰、温度变化、机械振动等。这些干扰因素可能导致测量结果的偏差,甚至影响到整个系统的正常运行。如何增强数字化测量技术的抗干扰能力,确保在各种复杂环境下都能保持稳定的测量性能,是智能变电站技术发展中需要重点攻克的技术难题。

##### 2.1.2 标准网络化通信技术的安全性与时实时性问题。

1)安全性问题不容忽视。智能变电站的运行涉及大量的数据传输和交换,包括设备的状态信息、控制指令、保护动作等重要数据。如果这些信息在传输过程中被非法获取、篡改或泄露,将对智能变电站的正常运行带来严重威胁,甚至可能导致电力系统的故障和事故。必须采用先进的加密技术、身份认证机制等手段,确保信息传输的安全性,防止信息泄露和攻击。2)实时性问题也是智能变电站通信技术面临的一大挑战。智能变

站需要对电网的运行状态进行实时监控和快速响应,这就要求通信网络必须能实时、准确地传输数据。由于网络带宽、传输延迟等因素的限制,有时会出现数据传输的延迟或丢失,从而影响智能变电站的实时性能。

##### 2.1.3 智能化信息融合技术的有效性问题的

1)智能变电站需要处理的信息种类繁多,包括设备运行数据、环境监测数据、用户用电数据等。这些数据不仅数量庞大,而且来源各异,格式不一,给信息的融合带来了极大的难度。如何将这些不同来源、不同格式的信息进行有效整合,提取出对决策有价值的信息,是智能变电站面临的重要问题。2)智能化信息融合技术还需要考虑信息的实时性和准确性。智能变电站需要实时监测设备的运行状态,对电网进行实时调控。信息融合技术必须能在短时间内完成大量数据的处理与分析,并提供准确的结果。

##### 2.1.4 智能高压设备的智能化与可靠性问题

智能高压设备,作为智能变电站的“心脏”,其智能化水平的高低直接关系到整个变电站的运行效率和性能。目前智能高压设备在智能化方面还存在诸多不足。例如,设备的自我感知、自我诊断、自我修复等能力还有待进一步提升,以实现更为精准的控制和更为高效的运行。设备的可靠性问题也不容忽视。在高压、大电流的工作环境下,智能高压设备必须能长时间稳定运行,确保电力系统的安全可靠。现实中设备的故障率、维护周期等问题仍然存在,不仅影响了变电站的正常运行,也给电力系统的安全带来了潜在威胁。如何提高智能高压设备的智能化水平,提升设备的可靠性,是当前智能变电站建设面临的重要挑战<sup>[3]</sup>。需要通过技术创新、材料研发、工艺改进等多种手段,不断提升设备的智能化和可靠性,为智能变电站的安全、高效运行提供有力保障。

#### 2.2 未来技术展望

##### 2.2.1 人工智能技术的应用前景

1)人工智能可以帮助智能变电站实现精准的设备状态监测和故障预测。利用大数据分析和机器学习算法,智能变电站可以对海量的运行数据进行实时处理和分析,提取出关键信息,从而精准地预测设备的运行状态和潜在的故障风险。不仅可以为设备的预防性维护提供科学依据,降低故障发生的概率,还可以提高设备的可靠性和运行效率,减少不必要的停机时间和维修成本。2)人工智能还可以优化电力调度和负荷管理。通过对历史数据和实时数据的分析,人工智能可以预测未来的电力需求和负荷变化,从而为电力调度提供科学的决策依据。人工智能还可以根据用户的需求和用电习惯,实现

电能的合理分配和高效利用,提高电能的利用率和经济效益。3)人工智能的应用还将推动智能变电站向更加智能化和自适应化的方向发展。通过不断学习和优化,智能变电站可以逐渐适应各种复杂环境和运行条件,实现自我调整和优化,提高整个电力系统的稳定性和安全性。人工智能在智能变电站中的应用前景广阔而深远。

#### 2.2.2 大数据、云计算等技术的应用前景

1)通过大数据技术,智能变电站可以对海量数据进行高效处理和挖掘。这些数据经过清洗、整合和关联分析后,能揭示出隐藏在数据背后的深层规律和价值信息。例如,通过对设备运行数据的分析,可以预测设备的寿命和维护周期,提前进行预防性维护,避免设备故障对电网运行的影响。通过对用户用电数据的分析,可以了解用户的用电习惯和需求,为电力调度和供电服务提供更为精准的指导。2)云计算技术则为智能变电站提供了强大的计算能力和存储资源。借助云计算平台,智能变电站可以实现数据的集中存储和共享,提高数据处理的效率和安全性。云计算还可以为智能变电站提供灵活的资源调度和扩展能力,使其能根据实际需求进行资源的动态调整和优化配置

#### 2.2.3 智能变电站与智能电网的协同与互动发展

1)智能变电站将不仅是简单的电力传输节点,更是信息交互与决策支持的中心。通过与电网中的其他智能设备进行实时信息共享,智能变电站将能实现对电网运行状态的全面感知与监测。不仅能提高电网的稳定性和安全性,更能为电力调度和运维人员提供更为精准的决策依据。2)智能变电站还将与分布式能源、储能系统等新兴技术实现协同工作。随着可再生能源的不断发展,分布式能源在电网中的占比将逐渐提高。智能变电站将通过智能调度和优化配置,实现与分布式能源的互补与协同,提高能源利用效率,降低碳排放。3)储能系统的发展也将为智能变电站带来新的机遇。通过与储能系统的协同工作,智能变电站可以更好地平抑电网负荷波动,提高电网的供电可靠性和经济性。智能变电站与智能电网的协同与互动发展将推动电力系统的智能化水平迈上新的台阶。随着技术的不断进步和应用场景的不断拓展,智能变电站将在保障电力供应、优化能源配置、

降低碳排放等方面发挥更加重要的作用,为构建更加绿色、高效、智能的电力系统贡献力量。

#### 2.2.4 推动电力系统智能化发展的未来趋势

1)智能变电站将与其他智能设备实现更加紧密的协同工作。它们将通过高速通信网络紧密相连,形成庞大而精细的智能化电网。在这样的电网中,电能可以实现精准的控制和管理,从发电到输电、再到配电的每个环节都将得到智能化的优化。2)这种智能化的发展将极大地降低能源损耗和排放。通过智能变电站的精准调度和控制,可以更加有效地利用电能资源,减少不必要的浪费。智能电力系统还能根据用户的需求和用电习惯,进行智能化的用电管理,从而提高能源利用效率。3)智能电力系统还将为用户提供更加便捷、个性化的用电服务。通过智能化的监测和分析,可以预测用户的用电需求,提供定制化的用电方案。用户可以通过智能设备随时随地查看自己的用电情况,进行用电管理和调整,享受到更加智能、便捷的用电体验。智能变电站技术将在未来推动电力系统的智能化发展,实现能源的高效利用和环保可持续发展。

#### 结束语

智能变电站作为智能电网的重要基石,正迎来技术革新与应用的黄金时期。面对数字化测量精度、通信安全、信息融合以及设备可靠性等挑战,需要不断探索新技术、新方法,推动智能变电站技术的持续进步。人工智能、大数据、云计算等先进技术的深度融合,将为智能变电站带来更加广阔的发展前景。期待智能变电站与智能电网的协同互动,共同推动电力系统的智能化、高效化和绿色化,为构建清洁、低碳、安全的能源体系贡献力量。

#### 参考文献

- [1]罗毅;高继勇;孙琛;黄帅栋;《上海电力》2018(5):49-54.
- [2]周明恩,刘根宝.智能变电站技术应用研究[J].电子世界.2017,(9).DOI:10.3969/j.issn.1003-0522.2017.09.123
- [3]赵思宇,郭定海.智能变电站测量技术浅析[J].电子世界,2018(19):202.