

大规模电力控制系统中的智能变电站关键技术分析

谢永流

国网三明供电公司

摘要: 大规模电力控制系统中的智能变电站关键技术主要包括数据采集与处理、可视化、数据分析与智能算法、智能告警和通信与协议技术。通过应用这些技术,智能变电站能够实现对变电设备状态和工作负荷的实时监测和分析,预测和预防潜在问题的发生,并及时响应异常情况。这些关键技术的结合提高了电力系统的运维效率,减少了成本,为决策者提供准确的信息和建议。同时,通信与协议技术的应用促进了设备之间的快速响应和联动控制,提高了系统的灵活性和稳定性。

关键词: 大规模; 电力控制系统; 智能变电站; 关键技术

【DOI】 10.12252/j.issn.2096-6288.2022.09.233

随着电力系统的发展和智能化技术的快速进步,智能变电站作为电力系统中的重要组成部分,正发挥着越来越重要的作用。智能变电站利用先进的技术手段,实现对电力系统的实时监控、故障诊断和智能告警,提高了电力控制的效率和可靠性。在大规模电力控制系统中,智能变电站的可视化与智能告警是其中的关键技术。通过可视化技术,变电站的各种电气参数和状态数据可以转化为直观可理解的图形化界面,使运维人员能够直观地了解变电站的运行状况。

一、大规模电力控制系统的重要性

大规模电力控制系统的重要性体现在保障电力供应稳定,大规模电力控制系统通过对电力生产、输送和分配进行实时监控和控制,能够确保电力供应的稳定性。它能够实时调整发电机组的出力,调节输电线路的电压和容量,优化电网运行,避免电力系统过载、频率波动等问题,提供可靠的电力供应。提高电力系统效率,大规模电力控制系统可以对电力系统进行优化调度,合理安排发电计划、电网负荷分配等,最大限度地提高整个电力系统的运行效率。通过对电力系统各个环节的监测和控制,可以减小能源损耗、降低传输损耗、提高电力使用效率,从而实现资源的有效利用。

支持可再生能源集成,随着可再生能源在电力系统中的比例不断增加,大规模电力控制系统可以帮助实现可再生能源的安全高效集成。它可以监测并预测可再生能源的变化情况,调整电力系统的运行方式,平衡可再生能源的波动性和电力供需之间的关系,提高可再生能源的利用率。提高电力系统安全性,大规模电力控制系统具备强大的监测和保护功能,能够实时检测电力系统中的故障、异常和风险,并采取相应的措施进行处理。它可以对电力系统的各项参数进行实时监控,及时发现和解决潜在问题,防止事故的发生,确保电力系统运行的安全稳定。

促进能源管理和节能减排,大规模电力控制系统通过对电力系统的全面监测和精细调控,支持能源管理和节能减排。它可以收集并分析大量的电力数据,提供给能源管理部门和用户进行分析和决策,帮助制定合理的能源利用方案,实现电力系统的可持续发展和绿色低碳目标。

二、智能变电站的基本组成及功能

输电变压器,智能变电站中的输电变压器用于将高电压输电线路的电能通过变压器转换为低电压,以便在配电系统中分配和使用。开关设备,开关设备包括断路器、负荷开关、接地开关等,用于控制电力系统的运行状态,包括开启、关闭以及切换不同电路。

控制与保护系统,智能变电站配备了先进的控制与保护系统,用于监测和控制电力系统的运行状态,包括电压、电流、频率等参数的监测和调节,同时对异常情况进行保护和自动切除故障线路。

数据采集与处理系统,智能变电站通过数据采集设备获取电力系统各种参数的实时数据,并通过数据处理系统进行分析和处理,为运维人员提供准确的电力系统状态信息。智能监测与诊断系统,智能变电站还可以配备智能监测与诊断系统,通过传感器和监测装置对设备的运行状态进行实时监控,并进行故障预警和诊断,提高设备运行的可靠性和安全性。

三、智能变电站的特点

电子互感器性能优越,智能变电站采用电子互感器替代传统的电流互感器和电压互感器,具有测量精度高、抗干扰能力强、动态响应快等优势。它们可以实时获取、处理和传输电力系统的重要参数,提供精确的电气量测量数据。通信网络标准化,智能变电站基于标准化的通信网络架构,如IEC 61850等,实现设备间的数据交换和通信。这种标准化的通信方式大大简化了各个设备之间的接口问题,实现了设备互联互通,提高了系

统的可靠性和扩展性。

传输介质稳定性强，智能变电站的通信网络采用稳定性强的传输介质，如光纤网络或专用的以太网，能够有效抵御外界干扰和噪声影响。这样可以保证数据的可靠传输，提高了系统的抗干扰能力和数据完整性。技术自动化程度高，智能变电站采用先进的自动化技术，如远动、远控、远测等，实现对变电设备的自动监测和远程控制。通过智能化的监测系统，可以实时检测设备运行状态和故障信息，提前预警并采取相应措施，提高了设备的可靠性和安全性。

设备安装调试方便，智能变电站采用模块化设计和一体化集成，使得设备的安装、调试和维护更加方便快捷。各个设备之间通过标准化的接口进行连接，减少了线缆布置和接线工作，同时也降低了设备的安装和调试成本。装置功能集成化，智能变电站将多个功能集成在一个设备中，如保护、自动化、监控等。通过集成化的设计，减少了设备的数量和占地面积，提高了设备的利用率和资源的高效利用。

四、大规模电力控制系统中智能变电站的关键技术

（一）通信标准

通信协议，智能变电站需要采用适当的通信协议进行数据传输和通信。常见的通信协议包括IEC 61850、DNP3、MODBUS等。这些通信协议定义了数据传输的规范和方式，保证了智能变电站与其他设备之间的互联互通。信息模型，通信标准中的信息模型是智能变电站与其他设备之间数据交换的基础。信息模型定义了变电站中各个设备的功能、属性和关系等信息，包括设备对象模型（COM）和逻辑节点模型（LND）。信息模型能够确保不同设备之间的数据一致性和互操作性。

网络通信技术，智能变电站需要与电网以及其他变电站、监控中心等设备进行远程通信。为此，网络通信技术是必不可少的高新技术。常见的网络通信技术包括以太网、无线通信技术（如Wi-Fi、LTE等）、光纤通信技术等。这些技术能够实现远程数据传输和通信，满足智能变电站与其他设备之间的实时性和可靠性要求。安全通信技术，智能变电站的通信需要确保数据的安全性和可靠性。因此，安全通信技术是关键技术之一。包括数据加密、身份认证、访问控制等安全机制的应用，以保障通信数据的机密性、完整性和可靠性，防止黑客攻击和数据篡改。

数据质量和同步技术，智能变电站作为电力系统的重要组成部分，需要准确、实时地获取和传输各种电力数据。因此，数据质量和同步技术也是关键技术之一。

包括时间同步技术、数据采集和处理技术等，确保数据的准确性、一致性和实时性。

（二）智能高压设备

智能传感器技术，智能变电站的智能高压设备需要通过传感器获取各种电气参数和状态信息。智能传感器技术可以提供高精度的测量和监测，包括电流、电压、温度等参数的实时监测，并将数据传输给监控中心进行实时分析和决策。嵌入式系统技术，智能变电站的智能高压设备需要具备处理能力和决策能力。嵌入式系统技术可以将传感器采集的数据进行处理和分析，并根据设定的算法和策略进行自主决策和控制。嵌入式系统技术还可以实现设备的远程监控和管理，提高设备的可靠性和运行效率。

人工智能和机器学习技术，人工智能和机器学习技术可以应用于智能变电站的智能高压设备中，实现自动化和智能化控制。通过训练模型和算法，智能高压设备可以学习和识别电力系统中的异常情况和故障，自动进行状态评估、故障诊断和预测分析，提高设备的故障检测和响应能力。

云平台和物联网技术，智能变电站的智能高压设备可以通过云平台和物联网技术实现远程监控和管理。通过将设备连接到云平台，可以实现实时数据传输、远程操作和维护。同时，物联网技术可以实现设备之间的互联互通，建立起智能化的电力系统，提供更高效、可靠和安全的电力控制。数据安全和网络安全技术，智能高压设备在数据传输和通信过程中面临着安全威胁。因此，数据安全和网络安全技术是关键技术之一。包括数据加密、身份认证、访问控制等安全机制的应用，保障数据的机密性、完整性和可靠性，防止黑客攻击和数据泄漏。

（三）在线监测技术

传感器和监测设备，智能变电站需要配备各种传感器和监测设备，用于实时监测电力设备的工作状态、电压、电流、温度、湿度等参数。这些传感器和监测设备能够提供准确和及时的数据，为故障预警和维护提供参考依据。数据采集和传输技术，在线监测技术需要将传感器和监测设备获取到的数据采集并传输到监测系统。数据采集技术包括模拟信号和数字信号的采集，具体可以使用模数转换器（ADC）和数字信号处理器（DSP）等技术。数据传输技术可以选择以太网、无线通信等方式，确保数据的可靠传输。

数据分析和智能算法，在线监测技术需要利用数据分析和智能算法实现故障预警和维护决策。数据分析技

术包括统计分析、机器学习、人工智能等，能够从监测数据中挖掘隐藏的规律和趋势。智能算法可以应用于故障预测、故障诊断、健康评估等方面，提供精准的故障预警和维护决策支持。

可视化展示和报警系统，在线监测技术需要通过可视化展示和报警系统向运维人员提供及时而直观的信息。可视化展示技术以图表、曲线、地图等形式展示监测数据，帮助运维人员快速了解设备状态。报警系统能够根据设定的规则和阈值，自动触发报警并通知相关人员，确保故障得到及时处理。

（四）可视化与智能告警

数据采集与处理技术，智能变电站需要采集各种电气参数和状态数据，如电流、电压、开关状态等。关键技术包括高精度传感器的选择与安装、数据采集系统的搭建以及数据处理算法的设计与优化。通过数据采集与处理技术，可以实时获取变电站运行状态的数据。

可视化技术，可视化技术将采集到的数据转化为直观可理解的图形化界面，使可视化监控系统用户能够直观地了解变电站的运行状况。关键技术包括图形界面设计、数据可视化算法、动态展示效果等。可视化技术在大规模电力控制系统中起到了信息展示和决策支持的作用。

数据分析与智能算法，通过对采集到的数据进行分析 and 挖掘，智能变电站可以基于历史数据建立模型，并利用智能算法进行故障预测、异常诊断和风险评估。关键技术包括机器学习算法、数据挖掘技术、故障诊断模型的建立与优化等。通过数据分析与智能算法，可以提高变电站的运行效率和安全性。

智能告警技术，基于数据分析和智能算法，智能变电站可以实现智能化的告警功能。当系统检测到异常情况或存在潜在风险时，会自动触发告警，并向相关人员发送预警信息。关键技术包括异常检测算法、决策系统设计、告警通知机制等。智能告警技术可以及时发现潜在风险，指导运维人员采取相应的措施。

高效的通信与协议技术，大规模电力控制系统中的智能变电站需要与其他设备或系统进行通信，包括与上级调度中心、其他智能变电站以及分布式能源设备等的通信。关键技术包括通信协议的选择与优化、网络安全技术、通信链路的可靠性等。高效的通信与协议技术保障了各个设备之间的数据交换和协同工作。

五、未来智能变电站发展的方向

智能化和自动化水平的提升，未来智能变电站将更加注重智能化与自动化水平的提升。通过引入各种先进

的传感器、监测装置和智能设备，实现电力设备和系统的自动检测、自动控制和自动优化。智能变电站将更加智能地利用数据分析技术，并结合人工智能和大数据技术，实现系统运行的智能决策、自主学习和优化调度。

信息技术的应用，未来智能变电站将更广泛地应用信息技术。通过在变电站中建立高速、可靠的通信网络，实现变电站内外设备之间的实时数据传输和通信，提高信息的共享和协同工作能力。同时，结合云计算、边缘计算、物联网等技术，实现对智能变电站的远程监控、管理和维护，提高运维效率和可靠性。

可再生能源的集成，未来智能变电站将更好地集成可再生能源。随着可再生能源的不断发展和应用，智能变电站将面临更多的可再生能源的接入和管理需求。因此，未来智能变电站需要具备更高的智能化水平，实现对可再生能源的预测、优化和协调调度，以实现电力系统的可持续发展。

能源互联网的协同发展，未来智能变电站将与能源互联网协同发展。能源互联网是基于信息技术的能源系统重构，通过智能变电站的建设和运行，实现电力系统、能源系统和信息系统的深度融合和协同工作。智能变电站作为能源互联网的重要节点，将承担起更多的功能和责任，实现能源的高效转移和共享。

网络安全与信息保护，未来智能变电站将加强网络安全和信息保护。随着智能变电站的普及和应用范围的扩大，网络安全和信息保护将成为关键问题。未来智能变电站需要建立健全的网络安全机制和信息保护体系，保障系统的稳定运行和数据的安全性。

结语

智能变电站作为大规模电力控制系统中的重要组成部分，关键技术的应用将极大地提升电力系统的运行效率和可靠性。随着信息技术的不断进步，智能变电站将继续发展和完善。未来，人工智能、物联网、大数据等新技术的引入将进一步增强智能变电站的功能和性能。智能变电站将成为大规模电力控制系统中不可或缺的重要组成部分，为电力行业的发展和智能化转型提供更好的支持和保障。

参考文献

- [1] 王瑞. 新能源推进机制建设的最新动向及启示[J]. 能源技术经济, 2017, 22(4): 15-20.
- [2] 陈冲. 我国生物质发电的发展环境分析[J]. 能源技术经济, 2017, 23(1): 41-45.
- [3] 张幼明, 高忠继, 黄旭. 智能变电站技术应用研究分析[J]. 东北电力技术, 2012(05).