

自动化技术在供配电中的应用研究

马超 韩刚 解姣
北京机械设备研究所 北京 100854

摘要：文章探讨了自动化技术在供配电系统中的应用研究。通过对配电自动化、输电自动化及变电站自动化的深入分析，揭示自动化技术对提高供电可靠性、提升运行效率及增强系统安全性的重要作用。研究结合实际应用，展示自动化技术在故障检测、负荷管理、远程监控等方面的显著成效，为供配电系统的智能化、高效化运行提供有力支持。

关键词：自动化技术；供配电；应用

引言：随着电力需求的不断增长和电网结构的日益复杂，供配电系统的智能化、自动化成为提升电网运行效率和可靠性的关键。自动化技术作为现代电力系统的核心组成部分，其在供配电系统中的应用日益广泛。本文旨在探讨自动化技术在供配电系统中的具体应用及其带来的效益，以期为电力系统的优化运行提供理论参考和实践指导。

1 自动化技术

自动化技术是指使用技术以最少的人为干预来执行任务，让机器人或计算机来处理人类传统上进行的重复或复杂的工作。这一技术的目标是减少人力成本、提高生产效率、提高产品质量，并从重复性、危险性或单调性任务中解放人类劳动力。自动化技术可以应用在各个领域，包括生产制造、物流运输、医疗保健、金融服务、农业等。在制造业中，自动化技术改变了生产流程，提高了准确性并最大限度地提高了资源效率。而在农业生产中，自动化技术通过精准农业技术增强农业生产效率和产量，自动化机械可自动执行种植、收割和土壤分析等任务，提高产量和资源利用率^[1]。在家庭中，自动化技术也广泛应用于温度控制、照明、安全和娱乐系统任务的自动化。自动化技术的最重要之处在于将人类的潜力从普通且重复的任务中解放出来，促进创新，最终实现各个行业的稳定发展。它通过精准执行、高效管理和智能决策，推动了社会生产力的飞跃。

2 核心技术原理

2.1 实时仿真技术

实时仿真技术是复杂控制器软件开发的支柱技术之一，其核心是一台高性能的仿真主机（也称实时目标机）。通过搭载不同的IO板卡，仿真主机可以支持几乎所有类型的IO接口和通讯协议。当仿真主机开始运行时，预先下载到其中的仿真模型就可以通过对应的驱动

模块，直接调用各种IO接口，以此实现“模型——真实设备”的物理连接和同步运行。实时仿真技术在电力行业中的应用尤为广泛，在传统供电系统中，电能由少数大型发电厂生产，经由大型电力线路和管道输送到用户端。而在现代电力系统中，电网控制系统功能繁多，需要更加精细化的管理和控制。实时仿真技术可以模拟电网的各种运行状态，进行快速控制原型（RCP）和硬件在环仿真（HIL）测试，从而验证控制算法的有效性和安全性。这不仅节约测试成本，还大大提高测试效率和安全性。实时仿真技术还可以应用于柔性交流输电（FACTS）技术、高压直流输电（HVDC）技术等领域，进行电网控制算法的测试和验证。通过实时仿真，可以构建完整的柔性输电网络或高压直流输电模型，将控制器接入仿真环境中进行验证，从而确保电网的稳定运行和高效输电。

2.2 综合自动化技术

综合自动化技术是一种集成了多种自动化设备和系统的技术，旨在提高生产系统的整体效率和灵活性。一般的综合自动化系统主要组成部分有计算机辅助设计系统（CAD）、计算机辅助制造系统（CAM）、生产管理系统、事务管理系统和中央数据库等。这些系统通过信息共享和协同工作，实现了从产品计划、设计、制造、检验直至包装、运输、销售和市场分析等所有环节的计算机优化与控制。综合自动化技术强调各个生产环节的有机结合和信息的畅通快速处理。它要求整个生产系统具有高度的灵活性，能够快速适应市场变化和客户需求。加工单元由计算机控制的数控机床、机器人等自动机器组成，负责完成工件的加工任务；仓库搬运系统由自动仓库和无人搬运车等组成，负责工件的存储和运输；运行管理系统则负责监视和控制整个加工单元的运行状况。

2.3 PLC技术

PLC（可编程逻辑控制器）是一种专为工业环境应用而设计的数字运算操作的电子系统。它采用一类可编程的存储器，用于其内部存储程序、执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数与算术操作等面向用户的指令，并通过数字或模拟式输入/输出控制各种类型的机械或生产过程。PLC具有可靠性高、抗干扰能力强、功能齐全、设备完善、适用性强等优点。其结构多种多样，但一般都以微处理器为核心，由中央处理单元（CPU）、存储器（RAM、ROM）、输入输出单元（I/O）、电源和编程器等部分组成^[2]。CPU作为整个PLC的核心，起着总指挥的作用；存储器用于存放系统程序、用户程序及工作数据；I/O单元是PLC与被控对象间传递输入输出信号的接口部件；电源单元负责将外部电源转换成内部工作电压；编程器则是PLC的最重要外围设备，用于将用户程序送入PLC的存储器，并检查、修改和监视PLC的工作状态。PLC广泛应用于各种工业生产领域，如注塑机、印刷机、订书机械、组合机床、磨床、包装生产线、电镀流水线等。它可以取代传统的继电器电路，实现逻辑控制和顺序控制，既可用于单台设备的控制，也可用于多机群控及自动化流水线。PLC还具有数据处理和通信功能，可以与其他智能设备进行通信和数据交换，实现更加复杂的自动化控制任务。

2.4 智能保护系统

智能保护系统是一种利用智能化技术对设备进行保护和管理的系统。以电机保护为例，传统的电机保护器主要以机电式继电器为主，常用于断相、过流保护。这种保护方式存在反应速度慢、恢复时间长、可修改性差等缺点，已经无法满足现代工业生产的需求。因此智能电机保护器应运而生。它采用非模拟电路进行断相、过流保护，具有抗干扰性强、反应速度快等优点。智能电机保护器还融入了电流互感器、电压互感器等传感器技术，实现了对电机电流的精确测量和控制。智能保护系统不仅应用于电机保护领域，还广泛应用于其他各种设备和系统的保护中。在工业生产过程中，智能保护系统可以对各种生产设备进行实时监测和保护，避免设备故障和事故发生，提高生产效率和安全性。

3 自动化技术在供配电系统中的应用

3.1 配电自动化

配电自动化是自动化技术在供配电系统中的关键应用之一。它通过集成先进的通信、控制、计算机和网络技术，实现了对配电网的远程监控、故障检测与隔离、负荷管理和能源优化等功能。配电自动化系统通常

由配电主站、配电终端、通信网络等部分组成。配电主站是配电自动化系统的核心，负责数据的收集、处理和分析，以及控制命令的下发。它通过与配电终端的通信，实时获取配电网的运行状态，包括电压、电流、功率因数等参数，以及开关位置、故障指示等信息。配电主站还可以根据这些信息，进行故障定位、隔离和恢复供电等操作，大大提高了供电可靠性和故障恢复速度。配电终端是安装在配电网中的各种智能设备，如智能电表、故障指示器、远程终端单元（RTU）等。它们负责采集配电网的实时数据，并将其上传至配电主站。配电终端还可以接收配电主站的控制命令，执行开关操作、负荷调整等任务。通信网络是配电自动化系统的重要组成部分，它负责配电主站与配电终端之间的数据传输。现代配电自动化系统通常采用光纤通信、无线通信等多种通信方式，以确保数据的实时性和可靠性。

3.2 输电自动化

输电自动化是自动化技术在高压输电网络中的应用。它通过对输电网络的远程监控、故障检测与定位、负荷调度等功能，实现了对输电网络的智能化管理。输电自动化系统通常由输电控制中心、输电终端、通信网络等部分组成。输电控制中心是输电自动化系统的核心，负责数据的收集、处理和分析，以及控制命令的下发。它通过与输电终端的通信，实时获取输电网络的运行状态，包括线路电压、电流、功率、温度等参数，以及开关位置、故障指示等信息^[3]。输电控制中心还可以根据这些信息，进行负荷调度、故障定位与隔离、线路切换等操作，以确保输电网络的稳定运行和供电可靠性。输电终端是安装在输电线路上的各种智能设备，如线路监测装置、故障定位装置、远程终端单元等。它们负责采集输电线路的实时数据，并将其上传至输电控制中心。输电终端还可以接收输电控制中心的控制命令，执行开关操作、故障指示等任务。通信网络是输电自动化系统的重要组成部分，它负责输电控制中心与输电终端之间的数据传输。现代输电自动化系统通常采用高速、可靠的通信方式，如光纤通信、卫星通信等，以确保数据的实时性和可靠性。

3.3 变电站自动化

变电站自动化是自动化技术在变电站中的应用。它通过对变电站设备的远程监控、故障检测与定位、负荷调整等功能，实现了对变电站的智能化管理。变电站自动化系统通常由变电站监控中心、变电站终端、通信网络等部分组成。变电站监控中心是变电站自动化系统的核心，负责数据的收集、处理和分析，以及控制命令

的下发。它通过与变电站终端的通信，实时获取变电站设备的运行状态，包括变压器、开关、刀闸等设备的电压、电流、温度等参数，以及故障指示、保护动作等信息。变电站监控中心还可以根据这些信息，进行负荷调整、故障定位与隔离、设备切换等操作，以确保变电站的稳定运行和供电可靠性。变电站终端是安装在变电站内的各种智能设备，如智能电表、故障指示器、保护装置、远程终端单元等。它们负责采集变电站设备的实时数据，并将其上传至变电站监控中心。变电站终端还可以接收变电站监控中心的控制命令，执行开关操作、保护动作等任务。通信网络是变电站自动化系统的重要组成部分，它负责变电站监控中心与变电站终端之间的数据传输。现代变电站自动化系统通常采用高速、可靠的通信方式，如光纤通信、以太网通信等，以确保数据的实时性和可靠性。

4 自动化技术对供配电系统的影响

4.1 提高供电可靠性

自动化技术的应用显著提高供配电系统的供电可靠性。通过实时监控和智能管理，自动化系统能够及时发现并处理故障，缩短故障恢复时间，减少停电次数和停电时间。例如，在配电自动化系统中，当发生故障时，系统能够自动定位故障点，隔离故障区域，并恢复非故障区域的供电，从而大大提高供电可靠性。自动化系统还能够对供配电网络进行负荷预测和调度，优化负荷分配，避免过载和欠载现象的发生，进一步提高供电可靠性。

4.2 提升运行效率

自动化技术的应用使得供配电系统的运行效率得到显著提升。通过实时监控和数据分析，自动化系统能够实时掌握供配电网络的运行状态，及时发现并处理潜在的问题，避免了因设备故障或运行异常导致的停电和损失^[4]。自动化系统还能够对供配电网络进行智能化管理，优化能源分配和调度，提高了能源利用效率。自动化系统还能够实现远程监控和操作，减少运维人员的工作量和工作强度，提高运维效率。运维人员可以通过远程终

端或移动应用实时查看供配电网络的运行状态和数据，进行故障排查和处理，从而提高运维效率和响应速度。

4.3 增强系统安全性

自动化技术的应用显著增强供配电系统的安全性。通过实时监控和智能管理，自动化系统能够及时发现并处理潜在的安全隐患和故障，避免因设备故障或运行异常导致的安全事故和人员伤亡。例如，在输电自动化系统中，当线路发生故障时，系统能够自动定位故障点并隔离故障区域，防止故障扩大和蔓延，从而保证了输电网络的安全稳定运行。自动化系统还能够对供配电网络进行安全防护和监测，及时发现并处理网络攻击和恶意行为，保证供配电网络的信息安全和物理安全。通过采用先进的加密技术和安全防护措施，自动化系统能够保护供配电网络的数据和通信安全，防止数据泄露和非法访问。

结束语

通过对自动化技术在供配电系统中应用的研究，揭示了其对提升电网运行效率、增强系统可靠性和安全性的重要作用。随着技术的不断进步，自动化技术将在供配电系统中发挥更加关键的作用。未来，应继续深化自动化技术的研究与应用，推动供配电系统向更加智能化、高效化方向发展，以满足社会日益增长的电力需求，保障电网的安全稳定运行。

参考文献

- [1] 卞锦珍. 电气自动化技术在供配电系统中的应用研究[J]. 造纸装备及材料, 2022, 51(5): 21-23.
- [2] 蔡永鑫. 电气自动化技术在供配电系统中的应用研究[J]. 光源与照明, 2022(3): 225-227.
- [3] 赵春旭, 王雷. 自动化技术在供配电中的应用研究[C]//2024人工智能与工程管理学术交流会论文集. 2024: 1-4.
- [4] 廖政斌, 祝珊, 谢承. 自动化技术在供配电中的应用研究[J]. 电气技术与经济, 2023(7): 56-58. DOI: 10.3969/j.issn.1673-8845.2023.07.019.