

# 电气自动化技术在电力工业工程中的应用

李 良

(西北(西安)电能成套设备有限公司, 陕西 西安 710054)

**摘 要** 电力工业作为国民经济的重要基础产业, 面临着提高效率、增强安全性和促进可持续发展的多重挑战。电气自动化技术以其高效、灵活和智能化的特点, 在电力系统的发电、输电、配电及调度管理等多个环节中展现出巨大的应用潜力。本文探讨了电气自动化技术在电力工业工程中的核心技术和具体应用, 并分析了这些技术如何提高电力系统的运行效率、增强系统的安全性和稳定性, 以及推动电力系统的智能化与数字化发展。通过研究火力发电厂的自动化控制系统、风电与光伏电站的自动监控系统、变电站综合自动化系统、配电自动化系统、能量管理系统的应用, 揭示了电气自动化技术对于提升电力工业整体性能的重要性, 以期为电力系统的进一步优化提供理论参考。

**关键词** 电力工程; 电气自动化; 配电系统

**中图分类号**: TM76

**文献标志码**: A

**DOI**: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.25.006

## 0 引言

在全球能源需求持续增长和人们的环境保护意识日益增强的背景下, 电力工业作为支撑现代社会发展的重要基础设施, 正经历着前所未有的变革。传统电力系统由于其固有的局限性, 如效率低下、环境污染严重等问题, 已难以满足现代社会对清洁、高效能源的需求。电气自动化技术不仅能够显著提高电力系统的运行效率, 减少人为操作失误带来的风险, 还能通过实时监测与智能调控有效增强电网的安全性和稳定性。该技术在促进可再生能源的大规模接入、优化资源配置等方面也显示出了巨大潜力。特别是在构建智能电网的过程中, 电气自动化技术的应用有助于实现从发电到用电全过程的高度智能化管理, 从而推动电力行业的转型升级, 助力实现节能减排目标, 为经济社会的可持续发展提供坚实的保障。

## 1 电气自动化技术的核心技术

### 1.1 过程控制与监控系统

过程控制与监控系统是确保电力生产过程中各个环节高效、安全运行的关键。该系统通过集成先进的传感器、执行器和控制器, 实现了对发电、输电及配电等环节的实时监测与精确控制。其核心在于利用可编程逻辑控制器(Programmable Logic Controller, PLC)分布式控制系统(DCS, Distributed Control System)等自动化设备来实现对电力生产设备的操作自动化以及生产流程的优化管理。例如: 在火力发电厂中, 过

程控制系统能够自动调节锅炉燃烧效率, 以达到最佳的能量转换率; 而在风电场或光伏电站中, 监控系统可以实时跟踪天气变化, 调整风力发电机或太阳能板的角度, 最大化能源获取效率。

### 1.2 智能保护与继电控制系统

智能保护与继电控制系统是保障电力系统安全稳定运行的重要防线。随着科技的发展, 传统的继电保护装置逐渐被基于微处理器的智能保护装置所取代。这些新型保护装置不仅具备更高的精度和响应速度, 而且具有自我诊断、自适应调整等功能。智能保护系统能够快速识别电力系统中的故障类型, 并采取相应的措施隔离故障区域, 防止事故扩大。在电网发生短路时, 智能保护装置能够立即动作, 切断故障线路, 同时将相关信息发送给中央控制系统以便及时调度备用电源, 减少停电时间。

### 1.3 数据采集与通信系统

数据采集与通信系统负责收集电力系统各个环节的数据, 并通过可靠的通信网络将这些数据传输给中央控制系统进行分析处理。在现代电力系统中, 数据采集通常采用数据采集与监视控制系统(SCADA, Supervisory Control and Data Acquisition)。SCADA系统通过遍布整个电力网络的各种传感器, 如温度传感器、压力传感器等, 实时获取设备运行状态信息。这些数据对于了解系统当前状况、优化运行效率至关重要。为了保证数据传输的安全性和可靠性, 常用的技术包括光纤通信、无线通信等。光纤通信以其高速度、

长距离和抗干扰能力强的特点被广泛应用于电力骨干网；而无线通信则更适用于难以布线的地方或移动设备之间的数据交换。

## 2 电气自动化技术在电力工业工程中的作用

### 2.1 提高电力系统的运行效率

电气自动化技术的应用极大地提高了电力系统的运行效率。(1) 实现了高效调度与负荷管理。通过先进的能量管理系统 (EMS, Energy Management System) 和配电管理系统 (DMS, Distribution Management System), 可以实时监控电网的负荷情况, 优化发电资源的分配。在高峰用电时段, 系统可以根据实际需求自动调整发电厂的输出功率, 或者引导用户参与需求响应计划, 以平衡供需关系。(2) 减少人工干预, 提升响应速度。自动化控制系统能够快速响应电网中发生的各种变化, 如负载波动、设备故障等, 无需人工介入即可完成相应的操作<sup>[1]</sup>。

### 2.2 增强电力系统的安全性和稳定性

智能保护与继电控制系统以及数据采集与通信系统共同作用, 实现了对电力系统状态的全面监测。一旦发现异常情况, 如电压电流超出正常范围、温度过高或设备老化等问题, 系统能够及时发出预警信息, 提醒运维人员进行检查维护, 防止潜在的安全隐患发展成为严重事故。在发生故障时, 自动化系统不仅可以迅速定位故障点, 还能自动执行隔离操作, 将故障部分从电网中分离出来, 避免影响到其他正常的供电区域。同时, 系统还可以启动备用电源或调整网络结构, 尽快恢复正常供电, 最大限度地减少停电时间和损失。电气自动化技术不仅提升了电力系统的运行效率, 还显著增强了其安全性与稳定性, 为构建更加可靠、高效的现代电力网络奠定了坚实的基础。

### 2.3 推动电力系统的智能化与数字化发展

电气自动化技术在推动电力系统的智能化与数字化方面发挥了重要作用, 为构建高效、灵活、可持续的智能电网奠定了基础。智能电网是未来电力系统的发展方向, 它依赖于广泛的自动化技术和信息技术的支持。电气自动化技术提供了必要的硬件设施 (如智能电表、远程终端单元等) 和软件平台 (如能量管理系统、配电管理系统等), 实现了电网从发电到用电全过程的智能化管理。随着物联网、大数据、云计算等新兴技术的发展, 电力系统正朝着更加开放互联的方向发展。电气自动化技术作为连接物理世界与数字世界的桥梁, 使得不同类型的能源资源 (如太阳能、风能等) 可以通过统一的平台进行优化调度和管理。

## 3 电气自动化技术在电力工业工程中的具体应用

### 3.1 在发电环节的应用

#### 3.1.1 火力发电厂的自动化控制系统

通过使用先进的传感器技术和智能控制器, 火力发电厂自动化系统可以实时监测锅炉内的燃烧状况, 调整燃料供给量和空气流量, 以达到最佳燃烧效率, 减少污染物排放。利用数据采集与分析技术, 自动化系统能够持续监控关键设备 (如汽轮机、发电机等) 的工作状态。通过对历史数据的分析, 可以提前预测设备可能出现的问题, 制定预防性维护计划, 避免突发故障导致的停机损失。根据电网需求的变化, 自动化系统能够自动调节发电机组的输出功率, 确保供电稳定的同时最大化经济效益。

#### 3.1.2 风电与光伏电站的自动监控系统

风电场和光伏电站通常位于开阔地带或偏远地区, 受自然环境影响较大。自动监控系统可以通过气象站收集的数据 (如风速、风向、太阳辐射强度等), 结合历史发电数据, 准确预测未来的发电量, 为电网调度提供依据。借助于物联网技术和云计算平台, 运维人员可以在任何时间、任何地点访问风电场或光伏电站的运行状态信息。一旦检测到异常情况, 系统会立即通知相关人员, 并提供详细的故障诊断报告, 帮助快速定位问题并采取措施。对于分散布置的小型风电机组或光伏发电单元, 自动化系统能够实现集中管理和统一调度, 优化各单元之间的功率分配, 提升整体发电效率。在并网过程中, 还可以动态调整输出功率, 确保平稳接入主电网, 不影响其他用户的正常使用<sup>[2]</sup>。

### 3.2 在输配电系统中的应用

#### 3.2.1 变电站综合自动化系统的应用

变电站综合自动化系统通过集成先进的控制、保护、监测和通信技术, 实现了对变电站内各种设备的全面管理和优化控制。该系统能够实时收集变电站内各类设备 (如变压器、断路器、隔离开关等) 的工作状态数据, 并通过内置的数据分析算法进行处理。当电网发生故障时, 系统可以迅速识别故障位置, 并自动执行相应的保护动作, 同时, 系统还可以根据故障类型自动调整保护策略, 防止事故进一步扩大。

#### 3.2.2 配电自动化系统的应用

DMS 通常包括 SCADA 系统、地理信息系统、负荷管理系统等多个子系统, 共同实现对配电网的智能化管理。DMS 可以根据实时负荷情况动态调整各区域之间的功率分配, 确保电力资源得到最合理的利用。同时, 系统还能自动调节电压水平, 以满足不同用户的需求,

减少因电压波动导致的设备损坏风险。一旦配电网出现故障，DMS 可以通过安装在各个节点上的智能传感器快速定位故障点，并立即启动应急响应程序。在局部区域停电后，系统会自动寻找最佳路径恢复供电，最大限度地缩短停电时间。在分布式发电（如太阳能光伏板、小型风力发电机等）系统中，DMS 以其强大的兼容性，能够灵活接纳并优化管理这些新型能源，促进清洁能源的有效利用<sup>[3]</sup>。

### 3.3 在电力调度与管理中的应用

#### 3.3.1 能量管理系统的应用

EMS 是电力调度中心的核心组成部分，通过实时监控和控制整个电力网络的状态，实现了对发电、输电及配电过程的全面管理。EMS 利用先进的数学模型和算法对未来的负荷需求进行精确预测，并基于这些预测结果制定最优的发电计划。为了维持电网的稳定运行，EMS 能够实时监测并调整电网的频率和电压水平。当检测到偏差时，系统会自动采取措施（如调节发电机输出功率或启动无功补偿设备），以确保电网参数始终处于安全范围内。一旦发生故障，EMS 可以迅速定位故障位置，并提供详细的故障信息供运维人员参考<sup>[4]</sup>。

#### 3.3.2 SCADA 系统在远程监控中的应用

SCADA 通过收集分散在各地的数据，为操作员提供一个集中化的界面来监视和控制系统操作。SCADA 系统配备了大量的传感器和通信模块，用于实时采集变电站、发电厂等关键节点的数据（如电流、电压、温度等）。这些数据经由可靠的通信网络传输至中央控制室，供操作员查看和分析。除了数据采集外，SCADA 系统还允许操作员远程执行开关操作、调整参数设置等任务。在遇到突发情况时，操作员可以通过 SCADA 系统立即关闭某个断路器，防止故障扩散。

### 3.4 在新能源并网与储能系统中的应用

#### 3.4.1 光伏逆变器与储能控制器的自动化集成

光伏逆变器和储能控制器的自动化集成为实现高效能的太阳能发电系统提供了技术支持。通过将光伏逆变器与储能控制器进行自动化集成，可以实现对太阳能发电量的实时监控，并根据实际需求动态调整能量分配。在白天阳光充足时，多余的电能可以被存储起来供夜间或阴天使用；而在电网负荷高峰时段，储能系统可以自动释放储存的能量以缓解电网压力。自动化集成系统能够根据电价波动、天气预报等因素制定最优的能量调度策略。集成化的光伏逆变器和储能控制器具备自我诊断功能，能够及时发现设备故障并采取相应的保护措施<sup>[5]</sup>。

#### 3.4.2 微电网自动化控制

微电网是指由分布式电源（如风力发电机、太阳能电池板）、储能装置及负载组成的局部供电网络。它既可以独立于主电网运行，也可以与之并网运行。微电网通常包含多种类型的能源供应源，如可再生能源和传统化石燃料发电设备。自动化控制系统可以根据各能源的特点和当前条件（如光照强度、风速等），合理安排不同电源之间的功率分配，确保微电网的持续稳定供电。在主电网发生故障或需要检修时，微电网应能够迅速切换至孤岛运行模式，继续向本地用户提供不间断的电力供应。自动化控制系统可以通过冗余配置、快速故障隔离和恢复机制来增强微电网的抗灾能力。在局部区域出现故障时，系统会自动切断故障部分，并重新配置剩余部分的连接方式，维持整体网络的正常运作。

## 4 结束语

在全球能源结构转型与科技迅猛发展的大背景下，电力工业作为支撑现代社会运转的核心基础设施，面临着前所未有的机遇与挑战。提高电力系统的运行效率、增强其安全性和稳定性，并推动其向更加智能和可持续发展的方向发展，已成为当前电力行业的重要任务。电气自动化技术凭借高效、灵活及智能化的特点，在应对这些挑战中发挥了至关重要的作用。通过分析火力发电厂的自动化控制系统、风电与光伏电站的自动监控系统、变电站综合自动化系统、配电自动化系统、EMS、SCADA 系统及其在新能源并网与储能系统中的实际应用，展示了电气自动化技术在显著提升电力系统整体性能方面的优势。电气自动化不仅为电力系统的现代化提供了强有力的技术支持，也为实现清洁能源的有效利用和电网的智能化管理奠定了坚实的基础。

## 参考文献:

- [1] 林蕴颖, 顾晓峰. 探究电气自动化技术在电力工业工程中的应用 [J]. 中国高科技, 2024(20):96-98.
- [2] 王争. 电气自动化技术在电力工业工程中的应用 [J]. 信息技术时代, 2024(09):76-78.
- [3] 刘泉林. 探究电气自动化技术在电力工业工程中的应用 [J]. 数字化用户, 2025(17):73-75.
- [4] 高德强. 电气自动化技术在电力工程中的应用分析 [J]. 模型世界, 2024(36):224-226.
- [5] 杨金成. 继电保护自动化技术在电力系统中的应用分析 [J]. 通信电源技术, 2024, 41(16):85-87.