

# 发电厂电气自动化技术探究

黄 杰

杭州华电半山发电有限公司 浙江 杭州 310000

**摘 要：**本文聚焦发电厂电气自动化技术展开研究，阐述了发电厂电气自动化系统具备的数据采集与处理、运行控制、保护与报警以及监控与管理等主要功能；剖析了系统由站控层、间隔层、过程层和系统通信网络构成的组成与结构；然后探讨了现场总线技术、智能传感器技术、可编程逻辑控制器（PLC）技术、分布式发电与微电网技术等关键技术；最后对发电厂电气自动化技术智能化发展、数字化与信息化融合、绿色与可持续发展等趋势进行了展望，旨在为发电厂电气自动化技术的进一步发展提供参考。

**关键词：**发电厂；电气自动化；核心技术

引言：在电力行业不断发展进步的当下，发电厂的高效稳定运行至关重要。电气自动化技术作为提升发电厂运行水平的关键手段，受到广泛关注。它不仅能提高发电效率、保障设备安全，还能优化管理流程。深入研究发电厂电气自动化技术，有助于更好地掌握其核心要点，应对实际运行中的各种问题。本文将全面探究发电厂电气自动化技术的功能、组成、关键技术及发展趋势，为该领域的发展提供有益的探索。

## 1 发电厂电气自动化系统的主要功能

### 1.1 数据采集与处理功能

数据采集与处理是电气自动化系统的基础功能，为后续控制与决策提供数据支撑。该功能通过分布在发电厂各区域的传感器、智能仪表等设备，实时采集发电机、变压器、开关设备等核心设备的运行参数，涵盖电压、电流、功率、温度、压力等关键指标。以发电机运行监测为例，系统可每秒采集数十组转速、励磁电流、定子温度等数据，确保捕捉设备运行的细微变化；数据采集完成后，系统会启动多维度处理流程。首先进行数据清洗，通过滤波算法剔除电磁干扰导致的异常值，例如采用卡尔曼滤波技术修正电压波动数据；其次开展数据转换，将传感器采集的模拟信号转换为数字信号，并按照行业标准（如 IEC 61850）进行格式统一；最后实现数据存储与预处理，将处理后的数据分类存储至实时数据库与历史数据库，同时进行趋势分析预处理，为设备状态评估提供基础<sup>[1]</sup>。

### 1.2 运行控制功能

运行控制功能是电气自动化系统的核心，通过精准调控设备运行状态，实现发电过程的优化。该功能基于预设控制逻辑与实时数据反馈，对发电机、汽轮机、锅炉等主辅设备进行闭环控制。在发电机并网环节，系

统通过自动准同期装置，调节发电机转速与电压，使发电机与电网的频率、相位、电压保持一致，实现平稳并网，避免冲击电流对设备造成损害；针对不同发电场景，运行控制功能可实现多样化调控。在负荷调节方面，系统根据电网调度指令，自动调整发电机输出功率，通过 PID 控制算法实现功率的精准跟踪，调节误差可控制在 $\pm 0.5\%$  以内；在厂用电控制中，系统依据负荷变化自动切换供电线路，优化变压器运行方式，降低厂用电率。

### 1.3 保护与报警功能

保护与报警功能是保障发电厂设备与人员安全的关键防线，具备故障快速识别、自动隔离与及时预警能力。系统内置完善的保护逻辑，针对不同设备设置专属保护定值，如发电机的过电流保护、变压器的差动保护、线路的距离保护等。当设备运行参数超出保护定值时，系统可在毫秒级时间内触发保护动作，通过跳闸、切断电源等方式隔离故障设备，防止故障扩大；报警功能与保护功能协同运作，分为预警与故障报警两个层级。当设备参数接近临界值但未触发保护动作时，系统发出预警信号，提示运维人员及时干预，例如发电机轴承温度略高于正常范围时，发出高温预警；当故障发生时，系统立即发出声光报警，并在监控界面显示故障位置、类型及发生时间，同时自动记录故障前后的运行数据，为故障诊断提供依据。

### 1.4 监控与管理功能

监控与管理功能通过人机交互实现对发电系统的全面管控，提升运维效率与管理水平。系统借助监控中心的人机交互界面（HMI），以图形化、可视化方式展示全厂设备的运行状态，包括设备启停状态、参数变化曲线、系统接线图等。运维人员可通过界面实时查看设备运行数据，

例如点击发电机图标即可显示其转速、功率、温度等详细参数；管理功能涵盖设备管理、运行管理与报表生成等模块。在设备管理方面，系统记录设备的检修历史、备件更换情况，自动生成设备台账，提醒运维人员开展定期维护；在运行管理中，系统跟踪机组运行时长、负荷率等指标，优化运行排班；在报表生成上，系统可自动生成日、月、年度运行报表，涵盖发电量、煤耗、设备故障率等数据，为企业决策提供支撑。

## 2 发电厂电气自动化系统的组成与结构

### 2.1 站控层

站控层是电气自动化系统的“指挥中心”，负责全局监控与管理决策，通常设置在发电厂的中央控制室。其核心设备包括工业计算机、服务器、人机交互终端等，搭载监控与数据采集（SCADA）系统、能量管理系统（EMS）等软件平台。站控层的主要功能包括接收间隔层上传的数据，进行集中处理与分析；向间隔层下发控制指令，实现对整个发电系统的统筹调控；以及实现数据存储、报表生成、用户权限管理等管理功能；站控层具备强大的数据处理与决策能力。例如，当某区域设备出现运行异常时，站控层可快速整合该设备及关联设备的运行数据，通过数据分析判断故障原因，并向运维人员推送处理建议<sup>[2]</sup>。同时，站控层支持多用户协同操作，不同权限的运维人员可通过终端实现数据查看、指令下发等操作，且操作记录可全程追溯。

### 2.2 间隔层

间隔层位于站控层和过程层之间，主要负责对发电厂各个电气间隔进行数据采集、控制和保护。它由测控装置、保护装置等设备组成。测控装置用于采集电气设备的运行参数，并将这些参数上传到站控层。同时，测控装置还可以根据站控层的指令，对电气设备进行控制操作。保护装置则负责对电气设备进行保护，当检测到故障时，保护装置能够迅速动作，切除故障设备。例如，线路保护装置可以在线路发生短路故障时，快速切断线路，保护其他设备的安全。

### 2.3 过程层

过程层是发电厂电气自动化系统与一次设备直接相连的层次，主要实现一次设备的智能化和电气量的采集。它包括智能传感器、合并单元等设备。智能传感器能够实时采集一次设备的各种参数，如电流、电压、温度等，并将这些参数转换为数字信号。合并单元则负责对多个智能传感器采集的数字信号进行同步采集和合并处理，然后将处理后的数据上传到间隔层。过程层的智能化使得一次设备能够与二次系统进行更加高效、准确

的信息交互，提高了系统的可靠性和自动化水平。

### 2.4 系统通信网络

系统通信网络是发电厂电气自动化系统的神经中枢，它负责实现站控层、间隔层和过程层之间的数据传输和通信。目前，发电厂电气自动化系统普遍采用分层分布式通信结构，即站控层采用以太网进行通信，间隔层和过程层采用现场总线技术进行通信。以太网具有高速、稳定、兼容性强等优点，能够满足站控层大量数据的传输需求。现场总线技术则具有实时性好、可靠性高、成本低等特点，适合间隔层和过程层设备之间的通信。常用的现场总线协议有IEC61850标准，它为发电厂电气自动化系统的通信提供了统一的标准和规范，实现了不同设备之间的互操作性。

## 3 发电厂电气自动化关键技术

### 3.1 现场总线技术

现场总线技术是一种用于现场设备之间数字通信的技术。它将传统的集中式控制系统转变为分布式控制系统，实现了现场设备与控制系统之间的双向数字通信。在发电厂电气自动化系统中，现场总线技术可以连接测控装置、保护装置、智能传感器等设备，实现设备之间的实时数据传输和信息共享。例如，通过现场总线，测控装置可以将采集到的电气设备运行参数直接传输到保护装置，保护装置可以根据这些参数进行故障判断和动作决策。现场总线技术具有节省布线成本、提高系统可靠性、增强系统可扩展性等优点。然而，目前现场总线标准不统一，不同厂家生产的设备之间可能存在兼容性问题，这是现场总线技术发展面临的一个挑战。

### 3.2 智能传感器技术

智能传感器是一种具有自诊断、自补偿、自适应等功能的传感器。与传统传感器相比，智能传感器不仅能够采集物理量，还能够对采集到的数据进行处理和分析。在发电厂电气自动化系统中，智能传感器可以实时监测电气设备的温度、压力、电流、电压等参数，并通过内置的微处理器对数据进行处理和分析。例如，智能温度传感器可以实时监测发电机的温度，当温度超过设定值时，传感器可以自动发出报警信号，并将温度数据上传到监控系统。智能传感器的发展趋势是微型化、网络化、多功能化<sup>[3]</sup>。微型化可以使传感器更加方便地安装在电气设备上；网络化可以实现传感器之间的信息共享和远程监控；多功能化可以使一个传感器同时采集多个参数，提高传感器的利用率。

### 3.3 可编程逻辑控制器（PLC）技术

可编程逻辑控制器（PLC）是一种专门为工业环境应

用而设计的数字运算操作电子系统。它采用一种可编程的存储器,在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作的指令,通过数字式或模拟式的输入输出来控制各种类型的机械设备或生产过程。在发电厂电气自动化系统中,PLC技术广泛应用于顺序控制、联锁保护等领域。例如,在发电机的启动过程中,PLC可以根据预设的程序,依次控制各个设备的启动,确保发电机安全、稳定地启动。PLC技术具有可靠性高、编程简单、通用性强等优点。随着技术的发展,PLC的功能不断增强,性能不断提高,逐渐向网络化、智能化方向发展。

#### 3.4 分布式发电与微电网技术

分布式发电是指将发电系统以小规模、分散式的方式布置在用户附近,可独立地输出电、热或冷能的系统。常见的分布式发电形式有太阳能发电、风力发电、生物质能发电等。微电网则是由分布式电源、储能装置、能量转换装置、相关负荷和监控、保护装置汇集而成的小型发配电系统,是一个能够实现自我控制、保护和管理的自治系统,既可以与外部电网并网运行,也可以孤立运行。在发电厂电气自动化系统中,分布式发电与微电网技术的应用可以实现能源的多元化利用,提高能源利用效率,增强电网的灵活性和可靠性。例如,在用电高峰期,分布式发电系统可以提供额外的电力支持,缓解电网的供电压力;在电网故障时,微电网可以孤立运行,保障重要用户的用电需求。然而,分布式发电与微电网技术的接入也给发电厂电气自动化系统带来了新的挑战,如协调控制、能量管理等问题。

### 4 发电厂电气自动化技术发展趋势

#### 4.1 智能化发展

随着人工智能技术的不断发展,发电厂电气自动化系统将向智能化方向发展。智能化技术可以实现对电气设备的智能诊断、智能控制和智能决策。例如,通过人工智能算法对电气设备的运行数据进行分析,可以提前预测设备可能出现的故障,实现故障的预警和预防。智能控制系统可以根据电网的实时需求和电气设备的运行状态,自动调整控制策略,提高系统的运行效率和稳定性。智能决策系统可以为运行人员提供最优的运行方案和决策建议,帮助运行人员做出更加科学、合理的决策<sup>[4]</sup>。

#### 4.2 数字化与信息化融合

数字化与信息化融合是发电厂电气自动化技术发展的重要趋势。数字化技术可以将电气设备的运行参数和状态信息转换为数字信号,实现数据的精确采集和传输。信息化技术则可以对这些数据进行存储、分析和处理,为发电厂的管理和决策提供支持。例如,通过建立发电厂电气自动化系统的数字化模型,可以实现对系统的虚拟仿真和优化设计。利用大数据分析技术,可以对海量的运行数据进行分析,挖掘数据背后的规律和价值,为发电厂的运行维护和设备管理提供依据。同时,数字化与信息化融合还可以实现发电厂与其他相关部门的信息共享和协同工作,提高电力系统的整体运行效率。

#### 4.3 绿色与可持续发展

在全球倡导绿色发展和可持续发展的背景下,发电厂电气自动化技术也将朝着绿色与可持续发展的方向迈进。一方面,通过优化发电厂的运行控制策略,提高能源利用效率,减少能源消耗和污染物排放。例如,采用先进的调度算法,合理安排发电机的出力,降低发电成本 and 环境影响。另一方面,积极推广和应用清洁能源发电技术,如太阳能、风能、水能等,减少对传统化石能源的依赖。同时,加强对发电厂废弃物的处理和回收利用,实现资源的循环利用,降低对环境的影响。

#### 结束语

发电厂电气自动化技术对电力行业发展意义重大,其丰富的主要功能、合理的组成结构以及多样的关键技术,共同保障了发电厂的高效运行。而智能化、数字化与信息化融合、绿色与可持续发展等趋势,为该技术指明了前进方向。未来,随着技术的不断创新与完善,发电厂电气自动化技术将进一步提升发电厂的运行质量与效益,推动电力行业朝着更高效、更智能、更绿色的方向迈进,为社会经济发展提供坚实的电力支撑。

#### 参考文献

- [1]周小祥,倪飞. 电气自动化技术在电气工程中的应用研究[J]. 信息记录材料, 2022, 23(10):117-119.
- [2]李瓚羽. 电气自动化技术在电气工程中的应用研究[J]. 光源与照明, 2022(8):216-218.
- [3]尤越远. 发电厂电气自动化技术探究[J]. 电气技术与经济, 2023(6):279-281.
- [4]王晓文. 发电厂电气自动化控制关键技术探究[J]. 丝路视野, 2021(12):119-120.