

# 电力电气自动化技术在电力工程中的运用

万 军

上海输能电力工程有限公司 上海 200082

**摘要：**本文深入探讨了电力电气自动化技术在电力工程中的核心应用与影响。通过分析PLC、SCADA、DCS以及人工智能与机器学习等关键技术，揭示了它们在提高电力系统运行效率、保障供电安全及促进能源可持续发展方面的重要作用。文章进一步详细阐述了这些技术在发电、输电、配电及用电环节的具体应用，并通过案例分析展示了其带来的显著经济效益和社会效益。最后，对电力电气自动化技术的未来发展趋势进行了展望。

**关键词：**电力电气；自动化技术；应用

## 引言

随着全球能源需求的持续增长和智能电网建设的不断推进，电力电气自动化技术作为提升电力系统智能化水平的关键手段，正日益受到广泛关注。本文旨在全面剖析电力电气自动化技术的基本概念、关键技术及其在电力工程中的广泛应用，以期对相关领域的研究与实践提供有益参考。

### 1 电力电气自动化技术的基本概念

电力电气自动化技术，作为电力系统现代化进程中的重要驱动力，其内涵丰富且不断演进，是电子技术、计算机技术、传感器技术以及自动控制理论深度融合的产物。这一技术的核心在于，通过高度集成的信息处理与控制能力，实现对电力系统发电、输电、配电及用电等各个环节的智能化、精细化管理与控制，旨在全面提升电力系统的运行效能、安全稳定性以及环境友好性。追溯电力电气自动化技术的发展历程，其源头可回溯至20世纪初，伴随着电子技术的萌芽与计算机科学的初步探索，电力系统开始尝试引入自动控制技术，以简化操作流程，提高运行效率。从早期的机械式继电器控制，到中期的可编程逻辑控制器（PLC）的广泛应用，电力自动化技术实现了从简单逻辑控制到复杂程序控制的跨越。进入21世纪，随着信息技术的飞速发展，SCADA（监控与数据采集系统）、DCS（分布式控制系统）等先进控制系统的出现，以及人工智能、机器学习等前沿技术的融合，电力电气自动化技术步入了智能化、自适应化的全新阶段。在现代电力系统中，电力电气自动化技术的作用愈发凸显。它不仅能够实现电力系统的远程实时监控，精准捕捉系统运行中的细微变化，还能够通过高级算法进行自动调度，确保电力供需的即时平衡。更重要的是，借助大数据分析预测技术，电力电气自动化技术能够提前识别潜在故障，为电力系统的预防性

维护提供科学依据，从而有效避免大规模停电事故的发生，保障供电的连续性与可靠性。此外，在应对全球能源转型的挑战中，电力电气自动化技术具有其无法取代的功能。随着风能、太阳能等可再生能源的大规模接入，以及智能电网建设的加速推进，我国电力系统将存在着前所未有的复杂性和不确定性。而电力电气自动化技术，凭借其强大的数据处理与智能决策能力，成为了实现电力系统灵活调度、高效运行与可持续发展的重要基石<sup>[1]</sup>。

### 2 关键技术解析

#### 2.1 PLC（可编程逻辑控制器）

PLC，即可编程逻辑控制器，是一款专门为工业生产环境而开发的数字运算控制电子系统。它是一种可编程逻辑的存储器，可以使用其内置存储器编程，实现逻辑运算、顺序控制、定时器、计数和算术控制等面向用户的命令，并利用数字或模拟式输入输出管理各种各样的设备以及制造流程。在电力工程领域，PLC凭借其高可靠性、强抗干扰能力以及丰富的功能特性，成为了实现自动化控制的重要工具。PLC在电力工程中的应用主要体现在以下方面：一是用于电力系统的开关控制，如高压断路器的合闸与分闸操作，实现远程控制与自动化管理；二是用于电力系统的保护，如过流保护、速断保护等，通过实时监测电流、电压等参数，及时发现并切除故障点，保障电力系统的安全运行；三是用于电力系统的数据采集与监控，如通过PLC采集电力系统的运行数据，并进行处理与分析，为电力系统的优化运行提供数据支持。

#### 2.2 SCADA（监控与数据采集系统）

SCADA系统，即监控与数据采集系统，是一种用于对分散的控制系统进行数据采集、监视和控制的计算机系统。它由数据采集装置、数据传输网络、监控中心以及人机界面等组成，能够实现电力系统的实时监控、数据采集、报警处理、远程控制等功能。在电力工程中，

SCADA系统的主要应用包括：一是实现电力系统的实时监控，通过数据采集装置实时采集电力系统的运行数据，并进行处理与显示，为运行人员提供直观的电力系统运行状态信息；二是实现电力系统的远程控制，通过监控中心对远程设备进行遥控操作，如开关设备的合闸与分闸、变压器的调压等，提高电力系统的自动化水平；三是实现电力系统的报警处理，当电力系统出现异常或故障时，SCADA系统能够及时发出报警信息，提醒运行人员进行处理，保障电力系统的安全运行<sup>[2]</sup>。

### 2.3 DCS（分布式控制系统）

DCS系统，即分布式控制系统，是一种集计算机技术、控制技术、通信技术于一体的新型控制系统。它采用分散控制、集中管理的原则，将控制系统分为若干个子系统，每个子系统独立完成特定的控制任务，并通过通信网络实现子系统之间的信息共享与协调控制。在电力工程中，DCS系统的应用主要体现在以下几个方面：一是实现电力系统的分散控制，通过将控制系统分为若干个子系统，每个子系统独立完成特定的控制任务，如发电机的励磁控制、调速控制等，提高控制系统的可靠性与灵活性；二是实现电力系统的集中管理，通过通信网络实现子系统之间的信息共享与协调控制，为电力系统的优化运行提供有力支持；三是实现电力系统的故障诊断与报警处理，当某个子系统出现故障时，DCS系统能够及时发出报警信息，并指导运行人员进行故障排查与处理。

### 2.4 人工智能与机器学习在电力中的应用

随着人工智能与机器学习技术的不断发展，它们在电力工程中的应用也越来越广泛。人工智能与机器学习技术能够模拟人类的智能行为，通过学习与训练，实现对电力系统运行数据的自动分析与处理，为电力系统的优化运行提供科学依据。在电力工程中，人工智能与机器学习技术的应用主要体现在以下方面：一是用于电力系统的负荷预测，通过分析历史负荷数据，建立负荷预测模型，实现对未来负荷的准确预测，为电力系统的调度与运行提供有力支持；二是用于电力系统的故障诊断与定位，通过分析电力系统的运行数据，建立故障诊断模型，实现对电力系统故障的自动诊断与定位，提高故障处理的效率与准确性；三是用于电力系统的优化运行，通过分析电力系统的运行数据，建立优化运行模型，实现对电力系统运行参数的自动调整与优化，提高电力系统的运行效率与经济效益<sup>[3]</sup>。

## 3 电力电气自动化技术在电力工程中的具体应用

### 3.1 发电环节

在电力工程的发电环节中，电力电气自动化技术的

应用尤为关键；自动化控制系统作为核心组成部分，广泛应用于各类发电厂，包括火电厂、水电厂、风电场以及光伏电站等。（1）在火电厂中，自动化控制系统能够实现锅炉、汽轮机及发电机等关键设备的自动化控制，通过精确调节燃料供给、风量及水量等参数，确保锅炉燃烧效率及汽轮机运行效率达到最优，从而显著提升发电效率并降低能耗；自动化控制系统还能实时监测火电厂的运行状态，及时发现并处理潜在故障，保障火电厂的安全稳定运行。（2）在水电厂中，自动化控制系统主要用于水轮发电机组的控制及调节。通过实时监测水流速度、水位及机组运行状态等信息，自动化控制系统能够精确调节水轮机的导叶开度及发电机的励磁电流，确保水电厂在高效、稳定的状态下运行；自动化控制系统还能实现水电站的远程监控及调度，提高水电站的管理效率。（3）在风电场及光伏电站中，电力电气自动化技术的应用同样重要。自动化控制系统能够实时监测风速、光照强度等自然条件，并根据实际情况调整风力发电机及光伏电池的运行状态，确保风电场及光伏电站的发电效率最大化；自动化控制系统还能实现风电场及光伏电站的故障快速响应及远程维护，降低运维成本。

### 3.2 输电环节

在电力工程的输电环节中，电力电气自动化技术的应用同样发挥着举足轻重的作用；随着智能电网与自动化调度系统的构建，以及高压直流输电（HVDC）和柔性交流输电系统（FACTS）技术的自动化控制实现，输电环节的效率 and 稳定性得到了显著提升。（1）智能电网的构建是电力电气自动化技术在输电环节中的重要应用之一。通过集成先进的通信技术、传感技术和自动控制技术，智能电网能够实现输电网络的实时监测、故障预警和自动化调度；这不仅提高了输电网络的运行效率，还大大增强了电网对故障和扰动的抵御能力。（2）自动化调度系统是智能电网的重要组成部分，它能够根据实时运行数据和预测信息，自动调整发电和输电计划，以确保电网的供需平衡和稳定运行；这种自动化调度不仅提高了电网的灵活性，还有助于降低运行成本和减少碳排放。（3）在输电技术方面，HVDC和FACTS技术的自动化控制实现为长距离、大容量输电提供了有力支持。HVDC技术通过自动化控制系统，能够实现直流输电的精确控制和保护，提高输电效率和稳定性；而FACTS技术则通过先进的电力电子设备，实现对交流输电系统的灵活控制，改善电网的潮流分布和电压质量<sup>[4]</sup>。

### 3.3 配电环节

在电力工程的配电环节中，电力电气自动化技术的

应用同样至关重要。配电自动化系统(DAS)与智能配电网的建设,以及分布式能源接入和微电网管理的自动化解决方案,共同推动了配电环节的高效、智能运行。(1)配电自动化系统(DAS)是配电环节中的核心组成部分,它集成了计算机技术、通信技术和控制技术,实现了对配电网的实时监测、控制和管理。通过DAS,运行人员可以实时掌握配电网的运行状态,及时发现并处理故障,确保配电网的供电可靠性和安全性;DAS还能根据实时运行数据,优化配电网的运行策略,提高配电效率。(2)智能配电网的建设是配电环节自动化的重要方向。通过集成先进的传感器、控制器和通信技术,智能配电网能够实现配电网的智能化、自适应运行;这不仅可以提高配电网的供电质量,还能支持分布式能源的接入和微电网的管理,推动配电网的可持续发展。(3)在分布式能源接入和微电网管理方面,电力电气自动化技术提供了有效的自动化解决方案。通过先进的电力电子设备和控制系统,可以实现对分布式能源的高效利用和灵活管理;微电网管理系统能够实现微电网内各设备的协调控制和优化运行,确保微电网的稳定性和经济性。

### 3.4 用电环节

在电力工程的用电环节中,电力电气自动化技术的应用为用户带来了更加智能、便捷和高效的用电体验。其中,智能家居、智能电表的应用,以及需求侧管理和电动汽车充电站的自动化管理策略,是电力电气自动化技术在用电环节中的典型应用。(1)智能家居系统的构建,使得家庭中的各种电器设备能够通过互联网实现互联互通,用户可以通过手机、语音助手等终端设备远程控制家中的电器,实现智能化管理;这不仅提高了用户的生活便利性,还有助于节约能源,减少不必要的浪费。(2)智能电表的应用,则实现了对用户用电量的实时监测和记录。通过智能电表,用户可以清晰地了解自

己的用电情况,合理安排用电计划,避免电费超支;电力公司也可以通过智能电表收集到的数据,进行用电分析和预测,为制定更加合理的电价政策和供电计划提供依据。(3)在需求侧管理方面,电力电气自动化技术也发挥了重要作用。通过实时监测和分析用户的用电需求,电力公司可以制定更加精准的供电计划,确保供需平衡;还可以通过价格机制、激励机制等手段,引导用户合理用电,提高能源利用效率。(4)在电动汽车充电站的管理中,电力电气自动化技术也提供了有效的自动化管理策略。通过智能化的充电设备和控制系统,可以实现对电动汽车的快速、安全充电,同时还可以对充电站进行远程监控和管理,提高充电效率和服务质量<sup>[5]</sup>。

### 结语

综上所述,电力电气自动化技术作为推动电力系统智能化、高效化发展的关键技术,其在发电、输电、配电及用电环节的应用均取得了显著成效。未来,随着技术的不断进步和智能电网建设的深入,电力电气自动化技术将继续发挥更大作用,为电力系统的安全、稳定、高效运行提供有力支撑。同时,我们也应关注技术带来的挑战,如数据安全、系统兼容性问题,并积极寻求解决方案,以推动电力电气自动化技术的持续健康发展。

### 参考文献

- [1]周金龙.电气自动化技术在生产运行电力系统中的运用探讨[J].科学技术创新,2020(16):173-174.
- [2]郑坤民.电力系统运行中电气自动化技术的应用策略[J].企业技术开发,2020,35(02):31-33.
- [3]李瑞华.电气自动化控制技术在电力系统中的应用[J].南方农机,2020,51(5):235-236.
- [4]丁蕴函.电气自动化在电力系统运行中的应用探究[J].科技创新与应用,2020(3):179-180.
- [5]刘俊碧.电力系统运行中电气自动化技术的应用策略[J].通信电源技术,2020,37(2):112-113.