

电力系统自动化控制浅析

蒋晓进

浙江浙天通信工程有限公司 浙江 宁波 315000

摘要：电力系统自动化控制作为保障电力可靠供应的核心技术，正发挥着无可替代的作用。本文聚焦电力系统自动化控制，阐述其基本概念，解析监控、智能电网、通信、自动控制等核心技术，探讨其在发电厂、变电站、配电网及电力调度中的应用情况。同时，展望其发展趋势，如人工智能深度融合、分布式能源接入、电力物联网兴起及跨行业融合等。旨在深入剖析电力系统自动化控制，为行业技术发展与实际应用提供理论支撑与实践参考，助力电力系统智能化升级。

关键词：电力系统；自动化；控制浅析

引言：电力是现代社会运转的关键能源，随着电力需求的持续增长和电力系统规模的不断扩大，传统电力运营模式难以满足需求。电力系统自动化控制技术应运而生，它集成多种先进技术，实现对电力系统的全方位管控。研究其概念、技术、应用及发展趋势，对提升电力系统可靠性、稳定性和经济性意义重大，能够推动电力行业迈向高效、智能的新阶段。

1 电力系统自动化控制的基本概念

电力系统自动化控制，是依托现代先进技术，对电力系统实施自动监测、精准控制、科学调度和高效管理的技术体系，旨在确保电力系统安全、稳定、经济运行。从实现原理来看，传感器如同电力系统的“感知器官”，实时收集发电、输电、变电、配电以及用电环节中的各类运行参数，像电压、电流、功率等关键数据。通信网络则充当数据传输的“高速公路”，将传感器采集到的数据快速、准确地传送到控制中心。控制中心里的计算机及自动控制装置，依据预设算法和策略，对数据进行深度分析处理，进而向执行机构发出精准的控制指令，实现对电力系统各环节的动态调控。其涵盖范围极为广泛，贯穿电力生产、传输、分配和使用的全过程。在发电厂，可实现机组的自动启停、运行参数的自动调节。在变电站，能对设备状态进行实时监测与智能控制；在配电网，可完成故障的快速定位与隔离、供电的优化调度；在电力调度环节，能实现电力资源的合理分配与系统的安全稳定运行。电力系统自动化控制的主要目标是保障电能质量，确保电压、频率稳定在标准范围内。提升供电可靠性，降低停电事故发生概率，提高运行效率，优化电力资源配置，降低运行成本。它是电力行业发展的必然趋势，对推动社会经济发展、提升人们生活质量起着至关重要的作用^[1]。

2 电力系统自动化控制技术

2.1 监控系统

监控系统是电力系统自动化控制的基础组成部分，主要由数据采集与监控（SCADA）系统和能量管理系统（EMS）构成。SCADA系统负责实时采集电力系统中的各类运行数据，像电压、电流、功率、设备状态等信息。这些数据通过通信网络传输到监控中心，操作人员能直观地了解电力系统的实时运行状况，实现对系统的实时监视。EMS则是在SCADA系统采集的数据基础上，进行深度分析与处理。它不仅能对电力系统的潮流进行计算分析，还能通过制定合理的调度计划，实现发电、输电、变电等环节的优化控制。

2.2 智能电网技术

智能电网技术融合了现代信息技术、通信技术、自动控制技术和电力电子技术，是电力系统自动化控制的重要发展方向。它具有高度的智能化、自愈性和互动性。智能电表是智能电网的前端设备，它不仅能实现自动抄表和精准计费，还能实时采集用户的用电数据，为用户提供个性化的用电建议。分布式能源接入技术是智能电网的关键技术之一，它可将太阳能、风能等分布式能源高效接入电网，实现能源的多元化利用。储能技术则可在电力负荷低谷时储存电能，在高峰时释放电能，起到削峰填谷的作用，有效提升电力系统的稳定性和可靠性。

2.3 通信技术

通信技术是电力系统自动化控制的关键支撑，它承担着数据传输和控制信号传递的重要任务。光纤通信以其传输速度快、容量大、抗干扰能力强等优势，成为电力系统中应用最为广泛的通信方式。在电力系统的骨干网和重要变电站之间，光纤通信确保了大量实时数据和

控制指令的高速、稳定传输。电力线载波通信利用电力线路作为传输介质,无需额外铺设通信线路,成本较低且安装便捷,常用于一些对通信速率要求相对不高的场合,如配电网的部分终端设备通信。随着无线通信技术的飞速发展,4G、5G等技术也逐渐应用于电力系统。在分布式能源接入场景中,无线通信技术可实现分布式电源与电网控制中心的灵活通信。在智能电网的移动运维中,也为运维人员提供了便捷的数据传输通道。

2.4 自动控制技术

自动控制技术是电力系统自动化控制的核心,涵盖自动调节、自动保护和自动装置等多个方面。自动调节技术可根据电力系统的运行状态,自动调整发电设备的出力、变压器的分接头位置以及无功补偿装置的投切等,以维持电力系统的电压、频率稳定,确保电能质量。例如,自动发电控制(AGC)系统能根据电网负荷变化自动调节发电机组的功率,实现发电与用电的实时平衡。自动保护技术在电力系统发生故障时,迅速动作,切断故障设备,防止故障扩大,保障电力系统的安全。诸如继电保护装置,能在短路、过载等故障发生时,快速准确地切除故障线路。自动装置如重合闸装置、备用电源自动投入装置等,在电力系统出现异常情况时,自动采取相应措施,保障电力系统的持续供电。

3 电力系统自动化控制的应用

3.1 发电厂自动化控制

在发电厂,自动化控制全面覆盖发电的各个环节。以火电厂为例,分散控制系统(DCS)发挥着核心作用。DCS通过各类传感器实时采集锅炉、汽轮机、发电机等设备的关键运行参数,如蒸汽压力、温度、转速以及发电机的电压、电流等。依据这些数据,DCS按照预设的控制策略,自动调节设备运行状态。比如在机组启动阶段,DCS能有序控制各设备逐步启动,确保启动过程安全平稳;在发电过程中,当电力负荷发生变化时,DCS可自动调整燃料供给量、蒸汽流量等,使发电机出力快速适应负荷变化,保障发电的稳定性和电能质量。同时,自动化控制还实现了对设备的实时监测与故障诊断,一旦设备出现异常,系统能迅速发出警报,并定位故障点,为维修人员提供准确的故障信息,有效缩短故障处理时间,提高发电厂的运行效率和可靠性^[2]。

3.2 变电站自动化控制

变电站自动化控制实现了对变电站设备的智能化管理。第一,借助自动化监控系统,可实时采集变压器、断路器、隔离开关等设备的运行数据,包括变压器油温、绕组温度、开关位置状态等,运维人员在监控中心

就能全面掌握变电站的运行情况。第二,智能控制系统能根据电网运行状况自动调整设备参数。例如,当电网电压波动时,系统自动调节变压器分接头位置,稳定输出电压;根据无功功率需求,自动投切无功补偿装置,提高功率因数,降低线路损耗。第三,自动化控制还支持远程操作功能,运维人员可通过远程控制终端对变电站内的开关设备进行分合闸操作,无需到现场进行人工操作,大大提高了运维效率,降低了操作风险。而且,自动化系统具备故障预警和诊断功能,能提前发现设备潜在故障隐患,及时采取措施进行处理,保障变电站的安全稳定运行。

3.3 配电网自动化控制

配电网自动化控制致力于提高配电网的供电可靠性和电能质量。一方面,通过实时监测系统,利用分布在配电网中的各类传感器和智能电表,实时采集配电网的电压、电流、功率等运行数据,对配电网的运行状态进行全面感知。一旦发生故障,故障定位系统可迅速判断故障位置,借助智能开关设备,自动隔离故障区域,同时快速恢复非故障区域的供电,极大地缩短了停电时间,减少了对用户的影响。另一方面,配电网自动化系统能根据负荷变化情况,自动调整配电变压器的分接头位置,优化电压分布;自动投切无功补偿设备,提高配电网的功率因数,降低线损。

3.4 电力调度自动化控制

自动发电控制(AGC)是其重要功能之一,通过实时监测电力系统的频率和联络线功率,自动调节发电机组的出力,确保发电与用电实时平衡,维持系统频率稳定在额定值。负荷预测也是电力调度自动化的重要内容,通过对历史负荷数据、气象信息、社会经济活动等因素的分析,运用先进的预测算法,准确预测未来一段时间的电力负荷,为电力调度提供科学依据。基于负荷预测结果,电力调度自动化系统制定合理的发电计划和电网运行方式,优化电力资源配置,提高电力系统运行的经济性。同时,系统具备强大的安全分析功能,实时对电网运行状态进行评估,提前发现潜在的安全隐患,如线路过载、电压越限等,并提供相应的预警和控制策略,保障电力系统稳定运行。

4 电力系统自动化控制的发展趋势

4.1 人工智能与自动化控制的深度融合

人工智能技术的蓬勃发展,为电力系统自动化控制带来了全新的变革。机器学习算法凭借对海量电力数据的深度挖掘与分析能力,可建立精准的电力负荷预测模型,综合考虑历史负荷数据、气象条件、社会活动等

因素,提前预测电力需求变化,为电力调度提供科学依据。在电力设备故障诊断方面,深度学习算法通过对设备运行参数、振动信号、温度数据等多源信息的学习,能够准确识别设备潜在故障隐患,及时发出预警,实现从定期检修到状态检修的转变,降低设备故障率,提高电力系统运行可靠性。此外,强化学习可优化电力系统的实时控制策略,依据系统实时运行状态动态调整控制参数,确保电力系统在复杂工况下稳定运行。

4.2 分布式能源的广泛接入

随着全球对清洁能源的大力倡导,太阳能、风能、生物质能等分布式能源在电力系统中的占比持续攀升。然而,分布式能源具有显著的间歇性和波动性,如太阳能发电受光照强度和时间限制,风能发电依赖风速和风向变化,这给电力系统的稳定性和电能质量带来严峻挑战。为有效应对这些问题,智能逆变器技术不断革新,能够实现分布式电源与电网的无缝连接,根据电网需求实时调整输出功率,确保功率稳定注入电网。同时,储能技术的应用愈发广泛,在分布式能源发电过剩时储存电能,在能源不足时释放电能,平抑功率波动,增强电力系统的调节能力。分布式能源的广泛接入,推动电力系统从传统集中式供电模式向分布式与集中式相结合的模式转变,提高能源利用效率,减少碳排放,助力能源结构优化升级。

4.3 电力物联网的发展

电力物联网作为新一代信息技术与电力系统深度融合的产物,正深刻改变着电力系统的运行管理模式。在感知层,大量部署的传感器和智能终端如同电力系统的“神经元”,实时采集电力设备的运行状态、电网的电气参数、用户的用电行为等各类数据。网络层依托5G、光纤通信等先进通信技术,搭建起高速、可靠的数据传输通道,将感知层采集的数据快速准确地传输至数据中心。平台层运用大数据、云计算等技术,对海量数据进行高效存储、深度分析和挖掘,提取有价值的信息。应

用层基于数据分析结果,实现智能运维,实时监测设备健康状况,提前安排检修计划;开展精准营销,根据用户用电习惯提供个性化服务;实施需求响应,引导用户合理调整用电行为,提升电力系统运行的经济性和灵活性。

4.4 与其他行业的融合发展

电力系统自动化控制与交通、能源、通信等其他行业的融合日益紧密,催生了诸多创新应用和发展机遇。在交通领域,与电动汽车充电设施的融合,实现对电动汽车充电的智能管理与有序控制。通过车网互动技术,电动汽车可在电网负荷低谷时充电,在高峰时向电网放电,既满足电动汽车用户的充电需求,又能辅助电网削峰填谷,提高电网运行效率。在能源领域,与天然气、氢能等能源系统协同发展,构建综合能源系统。在通信领域,与5G、物联网等通信技术融合,为电力系统自动化控制提供更高速、可靠的通信保障,促进电力系统与其他行业的信息交互与协同创新,推动产业升级和经济社会可持续发展^[1]。

结束语

综上所述,电力系统自动化控制凭借先进技术,在发电厂、变电站等环节发挥关键作用,显著提升电力系统的可靠性与经济性。但目前仍面临技术标准不统一、人才短缺等难题。展望未来,随着人工智能、分布式能源等技术的深度融合,电力系统自动化控制将迎来新的发展机遇。我们需持续创新技术、培养专业人才,推动其向更高水平迈进,为经济社会的稳定发展提供坚实的电力支撑,助力能源领域的绿色转型与可持续发展。

参考文献

- [1]周凌云.电力系统自动化控制优势及其实现关键技术研究[J].南方农机,2015,(5):34-34,36.
- [2]杜文杰.电力系统自动化控制技术探讨[J].城市建设理论研究(电子版),2014,(22):3794-3794.
- [3]徐然,杨晋一.电力系统自动化控制技术研究[J].机电信息,2014,(30):108-109.