

智能电网电力工程中电气自动化

谭思明

吴川市电力工程安装有限公司 广东 湛江 524500

摘 要: 智能电网电力工程的发展对现代能源体系意义重大,其中电气自动化发挥着核心支撑作用。本文阐述智能电网与电气自动化紧密相连,相互促进。介绍电气自动化在智能电网中的关键技术,包括分布式发电与微电网、柔性交流输电、智能变电站、电力通信技术等。还探讨电气自动化在智能电网发电、输电、变电、配电、用电各环节的应用,如实现发电设备精准控制、输电线路状态监测、变电站智能告警、配电网故障快速定位及用户用电信息采集等,以提升电网运行效率、稳定性与可靠性,优化电力资源配置。

关键词: 智能电网; 电力工程; 电气自动化

引言

在能源转型与科技飞速发展的当下,智能电网成为电力行业发展的重要方向,而电气自动化则是推动智能电网建设的关键力量。智能电网凭借先进技术实现高效、稳定、可靠运行,电气自动化为其赋予自动控制、数据采集与智能决策等能力。二者紧密相连、相互促进。本文将深入剖析智能电网电力工程中电气自动化的关键技术,如分布式发电与微电网、柔性交流输电等,并探讨其在发电、输电、变电、配电、用电各环节的广泛应用,展现其重要价值。

1 智能电网与电气自动化概述

(1) 智能电网以物理电网为根基,把先进传感测量、通信、信息、计算机以及控制技术深度集成其中构建成新型电网。其具备多方面特性,能实现自愈,在出现故障时可自动检测并修复;可激励用户参与互动,让用户成为电网运行一部分;具备抵御各类攻击的能力,保障电网安全稳定;能提供契合用户需求的电能质量,满足不同用户对电力品质的要求;允许各种不同发电形式接入,无论是传统能源发电还是新能源发电都能融入;可启动电力市场,促进电力资源合理配置;还能实现资产优化高效运行,提升电网整体效益。(2) 电气自动化是借助电子、电气、计算机及控制等技术,对电气系统开展自动控制、检测与调节的技术。它涉及多个领域,电力电子技术为其提供电力转换与控制手段,电机拖动技术助力电机高效运行,自动控制理论是核心理论基础,计算机控制系统实现数据的处理与指令下达。(3) 智能电网与电气自动化联系紧密,智能电网建设依赖电气自动化技术,电气自动化技术为智能电网赋予自动控制能力,可精准调控电网运行参数;实现数据采集与传输,让电网各环节信息实时互通;具备智能决策功能,依据数据分析结果做出合理决策,保障电网智能化运行^[1]。同时,智

能电网发展给电气自动化技术创造了广阔应用空间,在智能电网不同场景中,电气自动化技术不断接受新挑战,促使自身持续创新,在技术层面不断进步,以更好适应智能电网发展需求,二者相互促进、共同发展

2 智能电网电力工程中电气自动化的关键技术

2.1 分布式发电与微电网技术

在智能电网电力工程中,电气自动化关键技术包含分布式发电与微电网技术。分布式发电技术是将发电系统以小规模、分散形式布置于用户周边,具备独立运行或与电网并网运行的能力。常见类型有太阳能光伏发电、风力发电以及生物质能发电等。此技术能源利用效率高,可减少对传统能源依赖;环境污染小,降低发电过程污染物排放;供电可靠性高,能在局部区域保障电力稳定供应,有效缓解传统电网供电压力,提升能源供应的灵活性与多样性。微电网技术是构建小型发配电系统的关键。它由分布式发电、储能装置、能量转换装置、负荷、监控和保护装置等共同组成。微电网具有自我控制、保护和管理功能,运行模式灵活,既可与外部电网并网,实现电力交互与互补;也能在特殊情况下孤立运行,保障内部负荷的电力需求。该技术能够显著提高分布式发电的消纳能力,避免分布式电源发电的浪费,使能源得到更充分利用。同时,增强电网的灵活性和可靠性,提升电网应对突发情况和复杂运行环境的能力,为智能电网稳定运行提供有力支撑。

2.2 柔性交流输电技术

柔性交流输电技术是将电力电子、微处理及控制等多项技术集成应用于高压输电系统,旨在提升电网输电能力、稳定性与可控性。其核心原理在于对输电线路参数实施灵活调节,达成对电网潮流的精准控制。通过改变线路的阻抗、导纳等参数,可引导电力在电网中的合理分布,避免局部线路过载,优化整体输电效率,使电

网能根据实际需求动态调整运行状态。该技术所依赖的主要设备有静止无功补偿器（SVC）、静止同步补偿器（STATCOM）、可控串联补偿器（TCSC）等^[2]。静止无功补偿器可快速响应电网无功需求变化，动态调节无功功率输出，稳定电压水平；静止同步补偿器基于电力电子变流技术，能更精准、迅速地补偿无功，且响应速度更快、调节范围更广；可控串联补偿器通过改变串联电容的容抗，调节线路等效阻抗，实现对线路潮流的有效控制，提高输电能力。

2.3 智能变电站技术

智能变电站运用先进的传感器、通信及自动化控制技术，达成变电站一次设备智能化、二次设备网络化与运行管理自动化。其架构主要由过程层、间隔层和站控层构成。过程层涵盖变压器、断路器等一次设备，配备智能组件，实现设备状态感知与控制指令执行；间隔层包含保护、测控等装置，负责本间隔数据的采集与处理；站控层是全站监控管理中心，实现数据汇总、分析与决策。各层借助高速通信网络实现数据传输与信息交互，确保信息实时、准确共享。智能变电站具备多项关键功能。智能告警功能可对设备运行数据实时分析，当出现异常时迅速发出警报，为运维人员提供及时信息；顺序控制功能能按照预设程序，自动完成设备操作，提高操作准确性与效率；设备状态监测功能通过传感器持续采集设备运行参数，全面掌握设备健康状况；故障诊断功能依据监测数据，运用智能算法快速定位故障点，分析故障原因，为故障处理提供依据。

2.4 电力通信技术

电力通信技术作为智能电网信息传输与交互的核心支撑技术，对保障电网稳定运行至关重要。其常见通信方式涵盖光纤通信、无线通信和电力线载波通信。光纤通信凭借大传输容量、长传输距离以及强抗干扰能力，成为智能电网通信的主要手段，能满足大规模数据高速、稳定传输需求；无线通信灵活性突出、部署便捷，在偏远地区、应急抢修等特殊通信场景中发挥关键作用，可快速搭建通信链路；电力线载波通信以电力线为通信介质，无需额外铺设线路，大幅降低建设成本，适用于对通信要求不高且已有电力线路覆盖的区域。为确保智能电网中不同设备实现互联互通与信息共享，统一通信协议必不可少^[3]。IEC61850、IEC61970等是常用的通信协议，它们明确规定了设备间通信规则与数据格式。通过遵循这些协议，各类设备能够准确解析和传输信息，避免因协议不兼容导致的数据传输错误或设备无法识别等问题，有效保障智能电网通信的可靠性与兼容性。

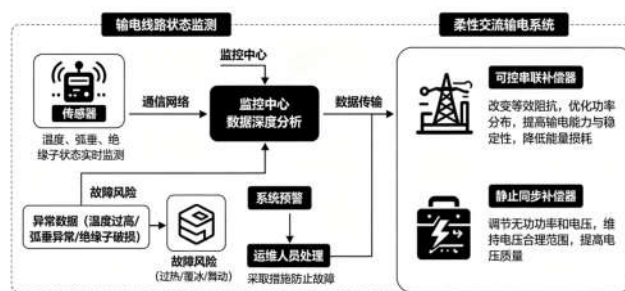
3 电气自动化在智能电网各环节的应用

3.1 发电环节

对于太阳能光伏发电和风力发电等可再生能源发电系统，电气自动化技术可达成对发电设备的实时监测与精准控制。借助传感器，能全面采集光照强度、风速等环境参数，以及发电设备自身的运行状态参数。依据预先设定的控制策略，自动且精准地调整发电设备的输出功率，以此提升可再生能源的发电效率，增强其发电稳定性，确保可再生能源发电系统在复杂多变的环境下稳定运行。在传统发电厂中，电气自动化技术广泛应用于锅炉、汽轮机、发电机等主要设备的控制系统。通过自动化控制系统，可实现对这些设备的启动、停止操作，还能灵活调节运行参数，极大提高发电厂的运行效率，同时保障运行安全。此外，利用数据采集与监控系统（SCADA），能够对发电厂的各类运行数据进行实时采集与严密监测，一旦发现设备故障，可迅速定位并及时处理，避免故障扩大，减少对发电厂正常运行的影响。

3.2 输电环节

在输电线路状态监测方面，借助传感器与通信技术，可对输电线路的温度、弧垂、绝缘子状态等关键参数展开实时监测。传感器精准采集各参数数据，并通过通信网络及时传输至监控中心。监控中心对接收的数据进行深度分析，一旦发现数据异常，如温度过高、弧垂变化异常、绝缘子出现破损等，即表明输电线路存在过热、覆冰、舞动等潜在故障风险。此时，系统迅速发出预警，运维人员可依据预警信息及时采取处理措施，有效防止故障发生，大幅提升输电线路的可靠性与安全性。柔性交流输电系统在输电线路中通过调节输电线路参数，达成对电网潮流的精确控制。可控串联补偿器可改变输电线路的等效阻抗，优化线路功率分布，提高输电能力与稳定性，同时降低输电过程中的能量损耗；静止同步补偿器能快速、精准调节电网的无功功率和电压，维持电压在合理范围内，提高电网电压质量。图1为输电环节流程图。



3.3 变电环节

智能变电站运用自动化控制系统与智能监控系统,达成对站内设备的实时监测与精准控制。智能告警功能可对设备运行数据持续分析,一旦检测到异常,如设备温度异常升高、电流电压波动超出阈值等,立即发出警报,为运维人员提供及时准确的信息,以便快速处理故障。顺序控制功能按照预设的程序,自动完成设备的操作任务,像断路器的分合闸、隔离开关的操作等,减少人工操作环节,降低人为失误风险,提高操作效率与安全性。并且,通过对设备状态数据的深度挖掘与分析,可提前预判设备健康状况,实施状态检修,避免过度检修或检修不足,延长设备使用寿命^[4]。智能变电站作为智能电网关键节点,需与上级电网协调控制。借助电力通信技术,将变电站的实时运行数据,如功率、电压、频率等,准确上传至上级调度中心。调度中心依据这些数据及电网整体运行需求,向变电站发送控制指令,实现对变电站的远程精准控制与优化调度,平衡电网负荷,提高电网整体运行效率与稳定性。

3.4 配电环节

配电自动化系统综合运用现代计算机、通信及自动化控制技术,对配电网展开全面实时监测、精准控制与高效管理。该系统可快速完成配电网故障定位,确定故障发生的具体位置;及时隔离故障区域,防止故障影响范围扩大;迅速恢复非故障区域的供电,极大提高配电网供电可靠性,保障用户用电的连续性,提升服务质量。同时,通过对配电网运行数据的深度分析,如负荷分布、潮流走向等,能够优化配电网运行方式,合理调整线路负荷,降低线路损耗,提高能源利用效率,实现电力资源的优化配置。随着分布式电源大规模接入配电网,协调控制问题亟待解决。电气自动化技术可对分布式电源进行实时监测,获取其发电功率、运行状态等关键信息。依据配电网实时运行状态和负荷需求变化,自动调整分布式电源输出功率,使分布式电源的发电与配电网的用电需求相匹配。

3.5 用电环节

智能用电信息采集系统借助安装在用户侧的智能电表

等设备,对用户用电信息进行实时采集,涵盖用电量、用电功率、电压、电流等关键数据。这些采集到的信息经电力通信网络稳定上传至供电企业,为供电企业开展各项工作提供有力数据支撑。在电费结算方面,准确的数据确保费用计算精准无误;在负荷预测工作中,依据历史和实时用电数据,能更科学地预测未来负荷变化;在需求侧管理时,这些数据有助于制定针对性策略,引导用户合理用电。需求侧管理旨在通过有效激励与引导措施,促使用户改变用电方式,提升用电效率,达成电力资源优化配置。电气自动化技术在此过程中发挥关键作用,它可实现对用户用电设备的远程控制与实时监测^[5]。依据电网实时负荷状况,系统自动调整用户用电设备运行状态,如当电网负荷高峰时,自动将空调温度适当调高、关闭非必要的电器设备等,实现需求侧的灵活响应,平衡电网供需。

结语

综上所述,智能电网电力工程中电气自动化技术意义重大。从关键技术层面看,分布式发电、柔性交流输电等技术为智能电网发展筑牢根基;在各环节应用上,发电、输电、变电等环节都因电气自动化技术实现高效运行与精准控制。其不仅提升了电网稳定性、可靠性与经济性,还推动能源可持续发展。未来,随着技术持续创新,电气自动化将在智能电网领域发挥更大作用,助力构建更安全、高效、绿色的现代能源体系。

参考文献:

- [1]游玲玲.电气工程及其自动化技术在智能电网建设中的应用[J].科技经济市场,2025(10):55-57.
- [2]闫洪起,丁保贺.电气自动化在电力工程技术中的应用[J].光源与照明,2025(1):210-212.
- [3]罗东晓.电力工程自动化与智能电网的集成技术探讨[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2025(2):162-165.
- [4]吴雨鑫.电气工程中的智能电网技术及其自动化应用[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2025(2):182-185.
- [5]邹小东.电气工程自动化技术在智能电网建设中的应用[J].中国科技期刊数据库工业A,2025(2):078-081.