

电气工程自动化技术在电力系统中的应用研究

张 铎 林永洪

许继电气股份有限公司 河南 许昌 461000

摘要: 本文聚焦电气工程自动化技术在电力系统中的应用,先解析了电气工程自动化技术,介绍其核心与涵盖分支,阐述电力系统架构与运行模式转变。并探讨了该技术对电力系统的关键作用,涵盖运行控制、故障处理、系统优化等方面。随后详细阐述其在发电、输电、变电、配电环节的具体应用。因此,分析应用带来的效益,研究表明,电气工程自动化技术对电力系统智能化发展意义重大。

关键词: 电气工程; 自动化技术; 在电力系统

引用: 随着全球能源需求持续攀升,传统电力系统在运行效率、安全稳定性及新能源适配性等方面的短板日益凸显。电气工程自动化技术以信息化为核心,融合智能控制、大数据分析等前沿手段,贯穿发电、输电、变电、配电全环节,能显著提升系统运行效率,强化故障预警与处置能力,为新能源高效并网提供支撑。深入探究其应用路径,对推动电力行业智能化、绿色化转型意义重大。

1 电气工程自动化技术与电力系统概述

1.1 电气工程自动化技术解析

电气工程自动化技术是以电力电子技术、计算机技术、控制理论为核心,实现电气工程领域设备运行、过程控制智能化的技术体系。其核心在于通过传感器采集设备运行数据,经计算机或专用控制器按预设算法处理数据,再通过执行机构对设备进行自动调节与控制,无需人工干预即可完成复杂操作。该技术涵盖多个分支,如PLC(可编程逻辑控制器)控制技术,可实现电力设备启停、参数调节的精准控制;SCADA(监控与数据采集)系统,能实时监测电力系统各节点运行状态;还有DCS(分散控制系统),适用于大型电力机组的分布式控制。在技术特性上,它具备实时性,数据采集与控制响应延迟可控制在毫秒级;可靠性强,通过冗余设计降低故障风险;灵活性高,可根据电力系统需求快速调整控制逻辑,是推动电力系统从传统人工操作向智能化管理转型的关键技术支撑。

1.2 电力系统的架构与运行模式

电力系统是由发电、输电、变电、配电和用电五大环节构成的复杂能源系统,其架构呈层级化分布。发电环节包含火力发电、水力发电、风力发电、光伏发电等不同类型的发电厂,负责将一次能源转化为电能;输电环节以高压、超高压输电线路为核心,将发电厂产生

的电能远距离输送至负荷中心,常见的220kV、500kV、1000kV输电线路构成全国性输电网络;变电环节通过变电站实现电压等级转换,如发电厂输出的10kV电能经升压变电站升至220kV或500kV用于输电,再经降压变电站降至10kV或0.4kV供配电环节使用;配电环节由配电线路、配电变压器等组成,将电能分配至工业企业、居民用户等终端用电场景^[1]。在运行模式上,传统电力系统采用“发电侧跟随用电侧”的调度模式,通过调度中心统一协调各环节运行,确保电能供需平衡;随着新能源大量接入,现代电力系统逐渐向“源网荷储”协同运行模式转变,整合分布式电源、电网、负荷、储能资源,实现灵活互动,而这一模式的实现高度依赖电气工程自动化技术的支撑。

2 电气工程自动化技术对电力系统的关键作用

电气工程自动化技术为电力系统的安全、高效、稳定运行提供核心支撑,其关键作用体现在三个维度。在运行控制维度,该技术打破传统电力系统依赖人工巡检与操作的局限,通过实时数据采集与自动控制,实现对电力设备运行状态的精准把控,例如在电力机组运行中,自动化系统可实时监测汽轮发电机的转速、温度、压力等参数,当参数偏离设定范围时,自动调节进汽量、冷却水流量等,避免设备异常运行;在故障处理维度,自动化技术能快速识别故障并定位故障点,如输电线路发生短路故障时,继电保护自动化装置可在0.1秒内动作,切断故障线路,同时通过SCADA系统将故障信息上传至调度中心,指导维修人员快速抢修,大幅缩短故障停电时间;在系统优化维度,自动化技术可基于海量运行数据,通过算法优化电力系统运行参数,如在输电环节优化潮流分布,减少线路损耗;在配电环节优化负荷分配,提高电能利用效率,此外,该技术还为新能源大规模接入电力系统提供保障,通过自动化控制实现新能源发电

与传统发电的协同调度,确保系统电能质量稳定^[2]。

3 电气工程自动化技术在电力系统中的具体应用

3.1 发电环节的自动化应用

在发电环节,电气工程自动化技术贯穿发电设备启动、运行监控、停机维护全流程,不同发电类型的应用重点略有差异。火力发电中,DCS系统实现对锅炉、汽轮机、发电机的一体化控制,通过传感器采集锅炉水位、蒸汽温度、汽轮机转速等参数,自动调节给水量、燃料供应量、送风量,使机组维持在最佳运行工况,同时自动化系统还能实现机组的自动启停,减少人工操作误差,提高启动成功率;水力发电中,PLC控制技术用于水轮机调速系统,根据电网频率变化自动调节导水叶开度,控制水轮机转速,确保发电机输出频率稳定,此外,自动化监控系统可实时监测大坝水位、闸门状态,当水位超出安全范围时,自动控制闸门启闭,保障发电安全;新能源发电(如风力、光伏)中,自动化技术实现发电功率的智能调节,风力发电系统通过风速传感器监测风速,当风速过高或过低时,自动调整风机叶片角度或启停风机,避免设备损坏;光伏发电系统通过MPPT(最大功率点跟踪)控制器,实时追踪太阳辐照度变化,自动调节光伏阵列输出电压与电流,最大化发电功率,同时自动化系统还能将发电数据上传至调度中心,实现与电网的协同运行。

3.2 输电环节的自动化技术运用

输电环节中,电气工程自动化技术主要用于线路监测、故障保护与潮流控制,保障远距离电能传输的安全稳定。在线路监测方面,基于物联网的自动化监测系统广泛应用,通过在输电线路部署覆冰传感器、微风振动传感器、杆塔倾斜传感器,实时采集线路覆冰厚度、振动幅度、杆塔状态等数据,当覆冰厚度超过阈值时,自动启动融冰装置(如电流融冰、热力融冰);当杆塔出现倾斜风险时,及时向运维人员发送预警信息,避免线路倒塔事故;在故障保护方面,继电保护自动化装置是核心,如输电线路的纵联差动保护、距离保护装置,能快速识别短路、接地等故障,自动切断故障线路,同时通过通信系统将故障信息同步至相邻线路保护装置,实现故障隔离,防止故障扩大,现代继电保护装置还具备自适应功能,可根据线路负荷变化自动调整保护定值,提高保护精度;在潮流控制方面,FACTS(柔性交流输电系统)基于自动化控制技术,通过晶闸管等电力电子器件,自动调节输电线路的阻抗、电压、相位,优化电网潮流分布,减少线路功率损耗,例如静止无功补偿器(SVC)可根据电网电压变化,自动输出或吸收无功功率,维持输电

线路电压稳定,确保电能传输质量^[3]。

3.3 变电环节的自动化变革

变电环节的自动化变革主要体现在变电站的智能化升级,传统变电站依赖人工巡检与操作,而自动化变电站通过整合自动化技术,实现“无人值守、远程监控”的运行模式。在设备控制方面,变电站自动化系统采用分层分布式结构,间隔层设备(如断路器、隔离开关的智能操控单元)负责采集设备运行数据并执行控制指令,站控层系统通过以太网与间隔层设备通信,实现对变电站所有设备的集中监控,操作人员可在远程控制中心完成断路器分合闸、变压器调压等操作,无需现场值守;在状态监测方面,自动化系统对变压器、GIS(气体绝缘开关设备)、互感器等关键设备进行在线监测,通过油中溶解气体在线监测装置,实时分析变压器油中特征气体含量,判断变压器内部是否存在故障;通过SF₆气体密度监测装置,监测GIS设备中SF₆气体泄漏情况,及时发现设备隐患;在数据处理方面,自动化系统对采集的海量运行数据进行分析,生成设备运行报表、故障统计报告,同时通过与上级调度中心通信,实现变电站与电网的协同调度,例如当电网负荷变化时,调度中心通过自动化系统远程调节变电站主变压器分接头,改变输出电压,满足配电环节需求,自动化变电站的应用大幅提升了变电环节的运行效率与可靠性,减少了运维人员工作量。

3.4 配电环节的自动化升级

配电环节的自动化升级聚焦于提高电能分配的精准性、可靠性与灵活性,满足终端用户多样化用电需求。在配电网网络监控方面,配电自动化系统(DAS)通过在配电线路、配电变压器上部署智能终端单元(FTU、TTU),实时采集线路电流、电压、功率,变压器负荷、温度等数据,构建配电网实时拓扑图,运维人员可通过监控平台掌握整个配电网运行状态,及时发现过载、电压偏低等问题;在故障处理方面,自动化系统实现故障的自动定位、隔离与恢复,当配电线路发生故障时,FTU通过故障电流检测算法识别故障段,自动控制分段开关动作,隔离故障区域,同时将非故障区域切换至备用电源,恢复用户供电,这一过程无需人工干预,故障恢复时间从传统的数小时缩短至几分钟,显著提高供电可靠性;在负荷管理方面,自动化技术实现需求侧响应,通过智能电表采集用户用电数据,结合电网负荷情况,对工业大用户、商业用户的用电时段与功率进行引导,如在电网负荷高峰期,自动通知高耗能企业错峰用电,在负荷低谷期鼓励用户增加用电(如充电设施充电),优化负荷曲线,减少电网峰谷差;此外,自动化技术还支持分布式电源(如

用户侧光伏)接入配电网,通过对分布式电源发电功率的监测与控制,实现与配电网的协调运行,避免对配电网造成冲击。

4 电气工程自动化技术应用带来的效益

4.1 提高电力系统运行效率

电气工程自动化技术在电力系统各环节的深度应用,极大地提升了整体运行效率。在发电环节,自动化控制系统借助高精度传感器与先进算法,对发电设备的温度、压力、转速等关键参数进行实时、精准调控。以火电厂为例,通过自动调节锅炉的燃料供给量和空气配比,使燃烧过程达到最佳状态,提高燃料利用率,进而提升发电效率,降低发电成本。输电环节中,自动化调度系统依托大数据分析 with 智能算法,依据实时负荷需求、电网拓扑结构以及气象信息等多源数据,动态优化电力传输路径。它能够自动避开高损耗线路,合理分配潮流,减少输电过程中的能量损耗,提高电能传输的经济性。变电环节,自动化操作取代了传统的人工倒闸操作,不仅大幅缩短操作时间,还避免人为误操作的风险^[4]。配电环节,通过智能电表和分布式监测装置实时采集用电数据,结合智能调控策略,实现电能的精准分配,有效降低线损,使电力系统运行更加高效、流畅。

4.2 增强电力系统稳定性和安全性

自动化技术是保障电力系统稳定性和安全性的坚固防线。实时监测系统如同电力系统的“千里眼”和“顺风耳”,通过遍布电网各处的传感器,对电压、电流、频率等关键指标进行不间断监测。一旦发现系统出现异常波动,如电压骤降、频率偏移等,系统会立即自动调整运行参数,如调节发电机出力、投切无功补偿装置等,防止故障进一步扩大。快速、准确的故障定位与隔离技术是应对突发故障的关键。当电网发生故障时,自动化装置能够在短时间内精确确定故障位置,并自动隔离故障区域,避免故障电流蔓延至其他健康部分,确保非故障区域能够迅速恢复正常供电。自动化保护装置更是电力系统的“安全卫士”,在系统遭受严重故障威胁时,它能以毫秒级的速度动作,快速切除故障设备,防止设备损坏和事故扩大。

4.3 降低运营成本与人力资源消耗

电气工程自动化技术的广泛应用为电力系统带来了显著的成本节约和人力资源优化。在运营成本方面,自动化监测与控制系统实现对电力设备的全天候、全方位监控,减少人工巡检的频次和工作量。以往需要大量人力进行的设备巡检、参数记录等工作,现在通过自动化系统即可完成,大大降低人力成本。同时,自动化技术能够优化系统运行,根据实时负荷需求精准调整设备运行状态,避免设备的过度运行和能源浪费,从而降低设备维护成本和能源消耗成本。实时数据分析与预测性维护是自动化技术的又一重要优势。通过对设备运行数据的持续分析,能够提前发现设备故障隐患,在故障发生前进行有针对性的维护和检修,避免设备突发故障导致的大规模维修和停机损失。另外,自动化技术提高工作效率,运维人员可以通过远程监控和操作界面,对大规模的电力系统进行集中管理和控制,相同数量的人力能够管理更大范围的电网,进一步节约了人力资源,提升了电力系统的整体经济效益。

结束语

电气工程自动化技术在电力系统中的应用,是电力行业迈向智能化、高效化、安全化的关键一步。从发电到配电各环节,自动化技术都发挥着不可替代的作用,显著提升了电力系统运行效率,增强了其稳定性与安全性,同时有效降低运营成本与人力资源消耗。随着科技进步,电气工程自动化技术将持续创新发展,为电力系统带来更多积极变革。未来,应进一步加大对该技术的研究与应用力度,推动电力系统实现更高质量的发展。

参考文献

- [1]付加庭,梁继国,刘宝林,等.电气工程自动化技术在电力系统中的应用研究[J].光源与照明,2025(7):248-250.
- [2]陶进秋.电气工程自动化技术在电力系统运行中的应用研究[J].光源与照明,2024(4):219-221.
- [3]刘福强.智能化技术在电力系统电气工程自动化中的应用研究[J].中国科技纵横,2024(22):48-50.
- [4]朱宗晖,魏育才.电气工程及自动化技术在电力系统中的应用分析[J].消费电子,2025(7):149-151.