

基于电气工程及其自动化在电气工程中应用

王明南

新乡华源电力集团有限公司 河南 新乡 453000

摘要: 电气工程及其自动化融合了多学科技术,在电气工程领域发挥着关键作用。本文首先阐述了控制理论、电力电子、计算机、传感器与检测等技术基础,这些技术为电气工程系统的稳定运行提供了有力支撑。接着,文章从发电、输电、变电、配电四个环节入手,分析了火力、水力等发电方式,高压线路监测等输电技术,智能变电设备运维、变电自动化调控等变电应用,以及配电自动化系统等配电应用,展现了电气工程及其自动化技术对保障电气工程高效稳定运行、提升整体性能的重要意义,进而为相关领域的发展提供支持。

关键词: 电气工程; 自动化技术; 发电应用; 输电应用; 变电应用; 配电应用

引言: 电气工程是现代工业核心领域,其发展关乎社会经济运行效率。随着科技进步,电气工程及其自动化技术应运而生,它深度融合多学科知识,形成完整技术体系。凭借精准控制、高效能量转换与智能化管理,为电气工程各环节带来变革提升,贯穿发电、输电、变电、配电全过程,成为推动电气工程领域持续进步的关键力量。

1 电气工程及其自动化技术基础

1.1 控制理论

经典控制理论要点围绕单输入单输出线性定常系统展开,以传递函数为核心数学模型,依托时域分析法、根轨迹法和频域分析法实现系统分析与控制器设计,核心是解决反馈控制系统的稳定性与动态品质问题^[1]。现代控制理论核心内容以状态空间方程为研究载体,运用微分方程与线性代数工具,聚焦多输入多输出、时变及非线性系统,涵盖最优控制、最优估计等核心分支,注重系统整体性能的优化与调控。控制理论在电气工程自动化中的支撑作用体现在为各类电气控制系统提供科学的分析与设计依据,衔接电气设备运行与控制目标,保障电气系统按预定规律稳定高效运行,是实现自动化控制的理论核心。

1.2 电力电子技术

电力电子器件的分类依据控制能力划分为不可控型、半控型与全控型,各类器件均具备特定的导通与关断特性,适配不同电能变换场景的需求。电力电子电路的基本拓扑结构是实现电能变换的核心框架,主要包括整流、逆变、斩波及交流-交流变流等基本结构,决定电能变换的方式与效率。电力电子技术在电气工程中的能量转换与控制功能体现在对电能的电压、电流、频率及相位进行精准变换,实现电能的高效传输与合理分配,衔接不同类型电源与负载,提升电气系统的能量利用效率。

1.3 计算机技术

计算机硬件在电气自动化系统中的应用涵盖数据采集单元、控制单元及人机交互设备,承担电气参数采集、控制命令执行及运行状态展示等核心任务,是系统运行的硬件支撑。计算机软件在电气工程控制与管理中的作用体现在实现控制逻辑编程、数据处理与分析,优化电气系统运行参数,简化管理流程,提升系统运行的智能化水平。计算机网络实现电气系统信息交互与远程控制,依托工业以太网等技术构建通信架构,实现各电气设备间的信息传输,支撑远程监控与操作,打破空间限制保障系统协同运行。

1.4 传感器与检测技术

常见传感器类型按感知特性可分为热敏、光敏、力敏、磁敏等类别,工作原理均基于敏感元件捕捉被测量信息,通过转换元件将其转化为可传输的电信号。检测技术在电气参数测量中的应用聚焦电压、电流、功率等核心电气参数,通过精准捕捉参数变化,反映电气设备运行状态。传感器与检测技术为自动化系统提供准确数据支持,凭借微型化、数字化特性提升数据采集的精度与可靠性,为控制策略制定与系统故障判断提供基础数据支撑,保障自动化控制的准确性与稳定性。

2 电气工程及其自动化在发电环节的应用

2.1 火力发电

自动化控制系统是火力发电高效稳定运行的核心支撑,通过精准调控燃料供给量与配风比例,动态调节锅炉燃烧过程,既维持燃烧效率处于最优水平,又有效降低烟气中污染物含量,契合火力发电节能降耗的行业要求^[2]。针对汽轮机运行调控,自动化控制可实时响应电网负荷波动,精准调节汽轮机转速与输出负荷,确保机组输出功率与电网需求精准适配,保障电网频率稳定。发

电机励磁系统的自动化调节依托精准的电流调控技术,稳定发电机端电压,优化机组并网运行性能,提升电能质量,为电网安全稳定供电提供保障。

2.2 水力发电

水轮机调速器的自动化控制原理基于闭环反馈调节机制,实时捕捉机组转速变化信号,自动调整导叶开度,实现水轮机转速的精准稳定控制,为发电机组高效发电奠定基础。发电机组的自动化运行与保护可自主完成机组启停、负荷调节等核心操作,同步实时监测机组各部件运行参数,一旦捕捉到异常信号便快速触发保护机制,避免设备损坏。水库水位与水流量监测的自动化通过各类高精度传感器采集实时数据,经控制系统分析处理后实现水位与流量的精准调控,既保障发电生产安全,又实现水资源的合理利用。

2.3 可再生能源发电

太阳能光伏发电的自动化跟踪技术依托天文算法与传感器数据,根据太阳方位角与高度角的动态变化,自动调整光伏组件姿态,最大限度捕捉太阳辐射能量。最大功率点跟踪控制通过实时检测光伏阵列输出特性,动态优化输出电压与电流参数,突破光照条件波动带来的限制,显著提升光伏系统发电效率。风力发电依靠高精度风速传感器采集实时风速数据,风电机组依据监测结果自动调节桨叶角度与运转转速,实现风能的高效捕获与转化,同时保障风机机组稳定运行。生物质能发电的自动化燃烧控制精准调控燃料供给量与通风量,优化燃烧工况,减少能源损耗,能量转换环节通过自动化控制技术优化转换效率,确保发电过程稳定且高效。

3 电气工程及其自动化在输电环节的应用

3.1 高压输电线路的自动化监测

线路绝缘状态监测技术依托高精度检测设备与智能化分析算法,持续捕捉线路绝缘层的运行参数,动态判断绝缘性能衰减趋势,及时识别绝缘老化、破损、受潮等潜在隐患,为线路运维提供精准数据支撑,从源头规避绝缘故障引发的输电中断^[3]。导线温度与弧垂监测方法结合环境温湿度、风速等参数与导线实时运行数据,精准捕捉温度变化对弧垂的影响规律,通过自动化调控手段动态调整导线运行状态,规避导线过度拉伸导致的机械损伤或对地距离不足引发的安全隐患,保障线路传输安全。线路故障定位与诊断自动化整合故障录波、行波分析等先进技术,快速识别故障类型、故障范围及具体位置,大幅缩短故障排查与修复周期,降低输电中断带来的经济损失,保障输电系统连续稳定运行,提升输电网络的可靠性。

3.2 柔性交流输电技术

静止无功补偿器的自动化控制依托电力电子变换技术与精准调控算法,实时调节无功功率输出幅值与相位,改善电网电压质量,有效抑制电压波动与闪变,提升交流输电系统的稳定性与输电容量,适配电网负荷的动态变化需求。静止同步补偿器的工作原理基于全控型电力电子器件构建的能量转换拓扑,通过自动化调节机制实现无功功率的快速响应与精准控制,可灵活补偿电网无功缺额,优化电网运行特性,缓解电网电压跌落问题,提升交流输电系统的运行灵活性。晶闸管控制串联补偿器的应用核心的是提升输电线路输送能力,其自动化控制可根据电网运行状态动态调节线路阻抗参数,优化功率传输路径,缓解线路功率拥堵现象,减少输电损耗,保障电能高效传输,适配复杂电网的运行调控需求,提升输电系统的经济性与稳定性。

3.3 高压直流输电技术

换流站的自动化控制策略覆盖换流阀触发、直流电压调节、换流效率优化等核心环节,通过精准的逻辑控制与参数闭环调控,实现交直流能量转换的平稳高效,规避换流过程中出现的电压电流冲击,保障换流站安全稳定运行。直流输电系统的功率调节与稳定控制可根据电网运行负荷需求,动态调整输送功率大小与方向,有效抑制系统振荡,维持直流系统电压与电流稳定,适配不同区域电网的功率平衡需求,提升跨区域电能传输的可靠性。直流输电线路的监测与保护自动化通过各类高精度传感器实时采集线路运行参数,快速识别短路、接地、绝缘破损等故障,自动触发保护装置切断故障线路,防范故障扩大蔓延,同时联动相关设备完成故障隔离与恢复准备,全方位保障高压直流输电系统的安全可靠运行,支撑大规模电能远距离传输。

4 电气工程及其自动化在变电环节的应用

4.1 变电设备自动化监测

变电设备是变电环节的核心载体,其运行状态直接决定电能变换的稳定性与安全性,自动化监测技术为设备可靠运行提供关键保障。依托传感器与检测技术,对变压器、断路器、隔离开关等核心设备的温度、电压、电流、绝缘性能等关键参数进行实时采集,通过自动化系统完成数据整合、分析与研判,及时识别设备老化、接触不良、绝缘衰减等潜在隐患,实现故障提前预警,有效降低设备损坏风险,为运维工作提供精准数据支撑。同时,自动化监测系统可实现数据实时上传与异常报警,无需人工实时值守,大幅提升设备监测的效率与可靠性。

4.2 变电运行自动化控制

自动化控制系统实现变电运行全流程智能化管控,可自主完成倒闸操作、电压调节、无功补偿等核心运行任务,适配电网负荷动态变化需求。通过精准调控变压器分接头位置,稳定母线电压,优化电能质量,确保变电环节输出电能符合电网运行标准。同时,配套的自动化保护系统可快速响应短路、过载、接地等各类故障,自动切断故障回路,有效遏制故障扩大蔓延,保障变电系统整体安全稳定运行,推动变电运行向无人值守、精准调控转型。

5 电气工程及其自动化在配电环节的应用

5.1 配电自动化系统架构

配电自动化系统架构采用分层分布式设计理念,契合配电网复杂多样的运行需求。主站层承担全局控制与管理职能,汇聚整个配电系统的运行数据,完成数据整合分析、控制策略制定与指令下发,统筹协调配电系统各环节运行,保障系统整体运行有序^[4]。子站层作为主站层与终端层的中间衔接纽带,高效承接主站层下发的控制指令,同步采集终端层上传的设备运行数据并进行初步筛选处理,优化指令传输效率,有效缓解主站运行压力,确保指令传递与数据反馈的顺畅性。终端层直接对接各类配电设备,精准执行主站层与子站层下达的控制指令,实时采集设备运行参数,实现配电设备的本地自主控制与运行状态实时反馈,是配电自动化系统落地执行的核心环节。配电自动化系统的通信网络构建依托工业级通信技术,融合有线与无线两种通信方式,搭建高效可靠、抗干扰能力强的通信链路,保障各层级间数据传输的实时性与准确性,为系统分层控制提供坚实通信支撑,确保架构各环节协同联动、高效运行。

5.2 馈线自动化

故障定位、隔离与恢复供电的自动化流程贯穿馈线故障处置全过程,依托终端设备实时采集馈线运行参数,借助智能算法快速锁定故障区域,自动触发隔离装置断开故障区段,有效遏制故障向健全区域蔓延,并自动重构配电网、切换供电回路,迅速恢复非故障区域供电,最大程度压缩停电时长,提升用户供电可靠性。基于重合器的馈线自动化模式依托重合器自动重合功能,配合高精度故障检测技术,完成故障自动识别与前期处置,可适配各类馈线故障场景,无需人工介入即可完成初步故障处理,进一步增强馈线运行可靠稳定性。基于FTU的馈线

自动化模式,通过馈线终端单元实时监测线路运行工况,精准捕捉故障特征信号并及时上传至主站,由主站结合全网运行态势下发精准调控指令,实现故障定位、隔离及供电恢复全流程自动化,能够适配复杂配电网架运行要求,显著提升馈线故障处置的效率与精准性。

5.3 配电管理自动化

配电设备资产管理的自动化依托信息化与智能化技术,对配电设备的型号、安装位置、运行年限、检修记录、损耗状态等信息进行统一录入与动态更新,实现设备全生命周期的精细化管理,优化设备检修计划,合理分配运维资源,有效降低设备管理成本,延长设备使用寿命。配电运行状态监测与评估自动化通过各类高精度传感器采集配电系统电压、电流、功率、频率等核心运行参数,对参数变化趋势进行动态分析,科学评估系统运行状态,及时发现潜在运行隐患,为运维决策制定提供精准数据支撑,保障配电系统平稳运行。配电需求侧管理的自动化支持通过精准监测用户用电负荷的动态变化,结合配电系统运行状态优化用电分配策略,合理引导用户调整用电习惯,平衡配电系统供需关系,提升配电系统运行效率,实现电能资源的合理配置与高效利用,适配配电系统智能化、精细化管理的发展需求。

结束语

电气工程及其自动化技术全面应用于电气工程的各个环节。在发电环节,它提升了能源利用效率与发电稳定性;在输电环节,保障了电能的安全传输;在配电环节,优化了网络运行并提升了供电质量。该技术不仅增强了电气工程的整体性能,还为相关领域的发展提供了有力支撑,在工程实践中持续发挥关键作用,推动电气工程领域不断迈向新的高度。

参考文献

- [1]王沂.电气安全生产视角下电气工程及其自动化应用[J].办公自动化,2025,30(1):16-18.
- [2]吴雨阳.电气工程及其自动化的智能化技术应用探析[J].模型世界,2025(18):137-139.
- [3]李珏.电气工程及其自动化在电气工程中的应用分析[J].消费电子,2026(7):230-232.
- [4]刘姣梅.电气工程及其自动化应用中存在的问题与对策研究[J].消费电子,2025(13):248-250.