

电气自动化技术在电力系统中的应用探析

曹洪瑞, 陈俊文

(宿迁三新供电服务有限公司泗洪分公司, 江苏 宿迁 223900)

摘要 电气自动化技术已深度融入我国电力系统, 成为驱动电力行业高效运作与技术革新的核心引擎。电气自动化技术的广泛应用, 显著增强了电力系统的稳定性与可持续性发展能力, 有效促进了系统架构的优化与运行效能的提升。本文分析了电气自动化技术的特点, 深入剖析了电气自动化技术在电力系统中的具体实践应用, 并据此提出一系列针对性的优化策略, 旨在为实现能源节约和环境保护目标提供借鉴, 从而提高电力系统的社会效益和经济效益。

关键词 电气自动化技术; 电力系统; 电力生产

中图分类号: TM766

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.03.007

0 引言

电气自动化技术作为一种融合电气设备、电子技术、先进计算机技术与通信技术的综合性技术体系, 强调了对生产流程或系统内电气组件与设施的高效监控、精确控制及优化管理。该技术通过构建高度集成化的自动化系统框架, 实现了对电力系统运行状态的即时感知与数据捕获, 借助强大的数据分析能力, 对海量数据进行深度挖掘与解析, 进而实现对电力系统的智能化、自动化调控与精细化管理。

1 电气自动化技术的特点

1.1 提升运行效能

电气自动化技术的深度融入, 提高了电力系统的运行效率。该技术凭借其自动化控制与即时监测功能, 实现了对电力系统各个环节的精细化控制与即时响应, 有效规避了传统人工操作模式下的资源冗余与效率瓶颈。自动化系统的智能调度, 显著降低了人为因素导致的误差与故障, 增强了系统的整体稳定性与可靠性, 保障了电力供应的持续性与稳定性^[1]。

1.2 筑牢安全防线

面对电力系统的复杂运行环境与潜在安全风险, 电气自动化技术借助智能化监控与保护功能, 为系统安全构筑了坚实的屏障。通过高密度、高精度的数据采集与高级算法分析, 实现了对电力系统运行状态的全景式、精细化监控, 能够敏锐捕捉并预警潜在的安全隐患, 为系统安全保驾护航。同时, 自动化控制策略的灵活应用, 使系统在遭遇异常情况时能够迅速、准确地采取应对措施, 确保了电力生产与输送过程的安全稳定。

1.3 推动能源优化

电气自动化技术在能源利用优化方面展现出了卓越的潜力与价值。该技术能够实时追踪电力系统的负荷动态与电能消耗情况, 依托先进的预测与分析模型, 精准预测用电需求趋势, 为电力系统的科学规划与合理调度提供了有力的数据支撑。基于这些精准数据, 电气自动化技术还能够对电力系统进行全局性优化, 减少不必要的能源浪费, 提升能源使用效率, 为构建低碳、环保、高效的能源体系提供了技术支持与推动力量^[2]。

2 电气自动化技术在电力系统中的应用策略

2.1 自动化负荷预测

在电力系统的智能化进程中, 自动化负荷预测技术作为核心驱动力, 借助先进的人工智能算法, 实现了对电力需求的高精度预测, 进而为电力生产与分配策略的优化提供了坚实的数据基础, 显著增强了系统的运行效率与可靠性。该技术系统性地搜集历史负荷数据、详尽的气象资料、时间特征标识(包括工作日、周末及节假日模式)以及社会经济活动的关键指标, 形成多维度信息库。随后, 运用精细化的数据预处理策略, 包括数据清洗以剔除异常值、归一化处理以统一数据尺度, 以及特征选择以提炼关键信息, 从而显著提升预测模型的输入数据质量。

在模型构建的关键阶段, 技术人员可灵活选用多种算法, 如线性回归模型、支持向量机(SVM)、随机森林以及长短期记忆网络(LSTM)等深度学习模型对时间序列数据的卓越处理能力。通过历史数据的充分训练与迭代优化, 不断调整模型参数, 直至预测精度达到既定标准。同时, 采用交叉验证技术全面评估模

型性能,确保其在不同场景下的泛化能力,并根据验证结果精细调整算法参数、引入正则化策略或实施特征空间的变换,以进一步提升预测模型的鲁棒性与准确性。

模型部署后,将实时接入电力系统,根据不断更新的负荷数据动态调整预测模型,形成闭环优化机制,确保预测精度的持续提升。此外,为追求更高的预测精度,可引入集成学习框架,如集成树、Bagging 集成或 Boosting 提升等方法,将多个预测模型的预测结果进行智能融合,充分利用各模型的优势互补效应,实现预测精度的跨越式提升。在实际应用中,负荷预测需精确至不同区域、具体楼宇乃至单个用户层面,根据具体应用场景的差异化需求,选择最为适宜的预测技术,以实现电力负荷的精细化预测与管理。

2.2 电能质量监测的方法

电能质量监测作为保障电力系统安全、高效运行的关键技术手段,其监测范围广泛覆盖了供电质量与用电质量两大核心领域。在供电质量方面,主要聚焦于电压的稳定性、频率的稳定性以及供电的可靠性等关键指标。电压稳定性监测通过实时计算电压有效值 ($V_{rms}=1/T \int_0^T V^2(t)dt$),准确反映电压的平均水平,并监测电压波动范围与不平衡度,及时发现并处理电压异常,为电压调整与优化提供科学依据。频率稳定性则直接关系到电力系统的整体运行稳定性,其监测对于保障系统安全至关重要。供电可靠性则通过综合评估系统持续供电能力,确保电力供应的连续性与稳定性。在用电质量方面,监测内容涵盖功率因数、谐波含量及电能利用效率等关键参数。功率因数监测反映了用电设备对电能的利用效率,其优化有助于提升整体能源利用水平。谐波含量监测则通过傅里叶变换等先进数学工具,精确分析电流波形中的谐波成分,为谐波治理提供数据支持。电能监测则全面关注电能的数量与质量,通过计算电能数量 ($E=U \cdot I \cdot T \cdot \cos \phi$) 及综合评估电压、电流、频率等参数,确保电能的有效利用与节能减排目标的实现。电能质量监测技术的广泛应用,不仅有助于及时发现并处理电能质量问题,还为电力系统的优化调整与可持续发展提供了重要支撑^[3]。

2.3 维护与故障处理

第一,深化预防性维护。为前瞻性地预防设备故障,需进一步强化预防性维护策略的应用。利用电气自动化技术,广泛部署智能传感器与高级监控设备,实现对变压器、断路器等关键设备运行状态的全面、持续监测。通过实时采集并分析温度、电流、振动等关键参数,一旦发现异常,立即触发预警系统,确保维护团队能迅速响应,采取预防性维修措施,从而有效预

防故障发生,减少非计划停机时间并降低维护成本。同时,应加强对设备历史运行数据的深度挖掘与分析,以科学预测设备寿命,为制定精准的维护计划提供数据支撑。

第二,构建高效的快速故障定位与恢复机制。电力系统运行中常遭遇故障,建立快速、准确的故障定位与恢复机制至关重要。为此,需充分利用电气自动化技术的数据处理与分析优势,集成先进的故障诊断算法与远程监控技术。当故障发生时,系统应能迅速捕捉故障信号,通过智能分析锁定故障区域,并自动执行故障隔离与系统重配置操作,以最短时间恢复供电,最大限度地减少对系统运行的影响。此外,还应持续优化故障处理流程,提升维护团队的应急响应能力,确保故障得到及时、有效的处理^[4]。

第三,自动化检测系统的应用。自动化检测系统是提高电力系统运行效率和安全性的关键。通过利用先进的传感器、监控设备和数据分析技术,实现对电力系统各个环节的实时监测和故障诊断。在关键节点部署传感器,如变压器、输电线路、发电机等,自动化检测系统能够收集关于电流、电压、温度等参数的实时数据。这些数据随后被传输到中央控制室,其中的分析软件会对数据进行处理和分析,以识别系统运行中可能出现的异常情况或趋势,精准地捕捉电力系统运行中的关键信息。

2.4 能源管理与节能减排

第一,实施精细化的能源消耗优化管理。为提升电力系统能效、降低运营成本,需采用电气自动化技术实现能源消耗的精细化管理。利用数据分析与控制策略,实时监控电网负荷变化,精准预测能源需求,从而制定出科学合理的优化调度方案。在实施过程中,应重视需求侧管理(DSM)策略的应用,通过经济激励与信息技术手段,引导用户在电力需求低谷时段用电,以缓解高峰时段负荷压力,降低额外发电容量的需求,进而实现能源消耗效率的整体提升。

第二,推动绿色能源融合的智能发展。绿色能源的广泛融合是实现电力系统可持续发展的重要途径。为此,需充分利用电气自动化技术,构建智能调度系统与能源管理系统,实现对太阳能、风能等可再生能源的高效整合与利用。通过实时数据分析与预测算法,动态调整电网运行参数,确保可再生能源的最大化接入与消纳,减少对传统能源的依赖。同时,应积极探索虚拟电厂等新型电力供应模式,通过互联网将分散的可再生能源发电单元集成为统一的电力供应网络,提高绿色能源的利用率与电力系统的灵活性、稳定性。

在此过程中,电气自动化技术将为绿色能源的融合提供强有力的技术支持,为实现节能减排目标、缓解能源危机做出重要贡献。

3 自动化电力系统设计

3.1 系统架构

针对电力系统的高效自动化控制需求,本文创新性地融合了 PID 控制策略,构建了一套基于 PID 控制原理的电力系统自动化控制架构。该架构清晰地划分为三个核心层级:基础数据采集层、数据处理与存储层以及控制策略执行层。基础数据采集层负责实时捕获电力系统的运行状态数据,并借助高效的通信管理单元实现数据向上一层的稳定传输;数据处理与存储层则聚焦于接收到的数据,通过精密的存储机制与数字签名验证技术,确保数据的完整性与安全性,为控制层提供可靠的数据资源;控制策略执行层则根据电力系统的具体调控需求,精准地调用数据层中的信息,依托 PID 控制技术实现电力系统的精确自动化调节。

3.2 现场控制器硬件结构

现场控制器作为连接控制策略与执行终端的关键桥梁,能够在缺乏直接控制指令的情况下,自主依据实时采集的电力系统数据,实施局部区域的初步调控策略。其硬件设计精妙地融合了数据采集模块、多样化的通信接口(串口与并口兼具)、控制接口以及先进的虚拟仪器软件与计算机处理技术。这些组件的无缝协作,使得现场控制器能够准确无误地接收来自控制层的综合调控指令与策略方案,并高效地将之转化为对电力系统现场的直接控制动作,确保了控制策略的有效实施^[5]。

3.3 数据层结构设计

3.3.1 数据分层传输与管理体

数据层作为整个自动化控制系统的中枢,承担着从基础层接收数据并向控制层提供支持的重任。为了确保数据传输的高效与安全,数据层采用了先进的分层传输管理机制。这一机制通过精细的数据分层处理策略,不仅提升了数据传输的效率,还有效增强了数据传输过程中的安全性,为系统的稳定运行提供了坚实的基础。

3.3.2 数据管理策略与安全机制

在数据管理层面,数据层引入了先进的数字签名验证技术,以进一步提升数据传输与调用的安全性与可靠性。该技术不仅为电力系统自动化控制构建了坚实的信息安全保障框架,还赋予了系统根据实际需求灵活调整数据调度策略的能力。对于不同类别的电力

系统运行数据,数据层采用特定的数字签名计算机制,确保了数据在调度过程中的完整性与可信用度,为自动化控制的精准实施提供了强有力的数据保障。

3.4 基于 PID 的自动化控制方法

3.4.1 模糊级联 PID 控制器

1. 主回路外环控制:外环控制作为电网调控的主导环节,采用 PD 控制器架构。该控制环直接接收来自电网局部区域的实时控制误差 $\varepsilon(t)$ 作为输入,利用 PD 控制器的高速响应能力,迅速调整电网主回路状态,确保电网在复杂多变的环境中保持稳定的运行效率与性能。

2. 辅助回路内环控制机制:内环控制作为增强系统适应性的关键,创新性地引入了模糊 PID 控制器。该控制器以外环控制的输出为输入,运用模糊逻辑的强大处理能力,对电力系统中的模糊性与不确定性进行有效解析与补偿,输出精准的控制反馈信号,显著提升了系统在复杂运行条件下的控制精度与鲁棒性。

3.4.2 电力系统自动化控制

在电力系统自动化控制的实施过程中,精确评估控制效果至关重要。本文采用设定目标 $r(t)$ 与实际输出 $y(t)$ 之间的误差 $\varepsilon(t)$ 作为核心评价指标,其计算公式 $\varepsilon(t)=r(t)-y(t)$ 直观反映了系统控制的精确程度与响应速率。通过持续监测与优化这一误差指标,电力系统自动化控制策略得以不断优化,确保了系统的高效稳定运行。

4 结束语

电气自动化技术在电力系统中的广泛应用,不仅显著提升了系统的运行效率与稳定性,还有效降低了运维成本,为电力企业的可持续发展注入了强大动力。因此,电力领域的专业人员需紧密跟踪电力系统稳定性与自动化技术的发展,积极掌握并应用先进可靠的自动化技术手段,对电力系统实施全面管理。

参考文献:

- [1] 卢超. 自动化技术在电力系统运行管理中的应用[J]. 集成电路应用, 2024, 41(06): 90-92.
- [2] 袁帆. 电气自动化施工技术及其应用效果研究[J]. 城市建设理论研究: 电子版, 2024(16): 114-116.
- [3] 盛旭阳, 郑远毓, 王晓宁. 电力工程中电气自动化技术的应用[J]. 光源与照明, 2024(05): 192-194.
- [4] 陈鹏飞. 电力系统运行中电气自动化技术的应用研究[J]. 电气技术与经济, 2024(05): 121-123.
- [5] 陈桑. 电气的自动化在电气工程中融合运用分析[J]. 科技资讯, 2024, 22(10): 63-65.