

智能化技术在电气工程自动化控制中的应用

郑 凯

广东美控智慧建筑有限公司 广东 佛山 528000

摘 要：目前，智能化技术日臻完善，已经广泛用于各个行业和领域，电气工程也不例外。在电气工程中，运用智能化技术既能够优化电力系统的设计管理，也能够满足远程管控、动态运维的需求，使电气工程质量全面提升。在电气工程自动化控制领域，智能化发挥着巨大的优势作用，本文介绍了智能化技术与电气工程自动化控制方式，分析了智能化技术在电气工程自动化控制中的应用价值，结合实际应用需求提出了具体的应用对策。

关键词：智能化技术；电气工程；自动化控制

电气工程自动化控制能够提升电力系统的运行效率与安全，利用智能化技术手段，实现智能精准的工程管控，使电力系统能够持续运行。随着现代社会的发展，人们的用电需求持续攀升，在这种情况下，保障电力系统24/7不间断运行尤为重要。在自动化的发展趋势下，电气工程开始广泛应用PLC、继电保护等装置，并且采用双CPU、热备份等冗余设计手段，极大地提升了系统的可靠性。与此同时，为提升故障响应能力，还要发挥智能化技术优势，对电气工程进行远程监控和智能管控，在100ms内完成故障切除任务，并且提升各项参数的控制精度，运用高精度传感器、PID算法等技术，使电气工程整体稳定性与安全性提升。从未来发展的角度分析，在电气工程自动化控制中应用智能化技术尤为重要，既能够促进智能电网的建设，也有助于设备状态监测、智能继电保护、无功补偿优化等。

1 智能化技术与电气工程自动化控制概述

1.1 智能化技术

智能化技术具有高精度、高效率、自动化的特点。智能化技术并不是单一的人工智能，还包括大数据、算法、区块链等多种技术，在CPU芯片与RISC芯片构成的系统中应用智能化技术，能够有效提升系统整体运行效率。在系统编程方面，运用智能化技术，能够提升CPU控制精度，实现精准的电气工程测算，为电气工程自动化控制与高效运行奠定基础。

智能化技术还具有复合性、多轴化的特点。在电气工程自动化控制中，运用智能化技术能够整合复杂的运作流程，使电气生产效率提升。具体来说，能够实现智能继电保护，在数据驱动的基础上，运用保护算法来分辨故障类型，降低系统误动作的概率。采用自适应控制的方式，PID参数在模糊逻辑、神经网络等技术的优化下，能够满足稳定并网的需求^[1]。此外，AI算法也能够对

电容器组投切进行动态调整。此外，智能化技术也有助于提升系统可视化水平，能够生成可视化图形，包括饼状图、动态图等，为工程师制定调整与检测方案提供直观的依据（如图1）。



图1 智能化平台的可视化检测结果

1.2 电气工程自动化控制

电气工程自动化控制的方式有很多，当前主要采用分层分布式的自动化控制结构，将系统划分为就地层、站控层和调度中心三个层次，利用边缘计算设备进行本地快速决策，使系统不再过度依赖云端。自动化控制由硬件技术、软件算法、标准与协议三项关键技术作为支撑^[2]。其中，软件算法为核心技术，在传统模式下，主要采用PID、状态反馈等控制方式，随着智能化技术的发展，目前开始广泛应用神经网络控制、专家控制系统、模糊控制等控制方式。

2 智能化技术在电气工程自动化控制中的应用价值

相较于传统控制模式，智能化技术应用优势明显，具体如表1所示：

表1 智能化控制与传统电气工程自动化控制对比

维度	传统控制	智能化控制
响应速度	10~100ms	< 1ms（FPGA加速）
参数适应性	固定参数，需人工整定	在线自学习（如RL）
多目标优化	难以兼顾	Pareto最优解

常用的神经网络、遗传算法等智能化技术,属于非线性函数的近似器,有明显的应用优势。在电气工程自动化系统中,应用智能化控制器,能够根据鲁棒性能、响应时间等要素的差异性,调整控制对象模型,使系统具有更强的适应能力,并且提升控制效率。相较于传统的PID控制器,采用模糊逻辑控制技术,能够提升约4倍的响应速度,使控制水平更强^[3]。应用智能化技术,不仅能够实现微秒级响应(FPGA/边缘计算设备实现局部快速控制),还能够强化系统的自愈能力,使电气系统的运行更加可靠。在故障维护方面,采用预测性维护技术,将CNN/LSTM的故障诊断模型作为基础,如果设备出现异常,则可以根据模型算法提前预警。例如,能够精准分析变压器油中气体,准确率超过95%。通过准确的故障预测与维护,能够有效降低意外停机的概率^[4]。相较于传统的自动化运行模式,在该模式下,意外停机情况至少降低70%。如果配电网发生故障,AI则能够在200ms内进行故障定位与隔离,使系统供电迅速恢复。如果采用传统的控制方法,则通常需要30分钟完成所有操作。在智能化技术的应用下,供电可靠性大幅提升,约提升40%。

此外,智能化技术应用后,能源效率也会得到优化,使用遗传算法对发电成本、排放、损耗等要素进行平衡调节,使能源消耗降低。与此同时采用电价激励、负荷预测等手段,强化削峰填谷的效果,使峰值负荷至少降低15%,最多可以降低20%。在管理方面,运用数字孪生仿真技术,能够对极端气候、高位场景进行预演分析,然后根据预演结果生成有效的防御策略,使电气工程管理规划更加高效^[5]。在资源分配方面,采用区块链配合AI管理的模式,对海量分布式能源进行管理。在系统维护与检修方面,采用无人机巡检的方式,能够识别90%以上的故障问题,包括绝缘子破损检测等多种检测功能,极大地提升了检测运维的效率,并且降低了50%的人工成本,也使电气工程的运维检测更加安全。

3 智能化技术在电气工程自动化控制中的应用对策

3.1 智能控制技术应用

现如今,电气工程自动化控制领域已经广泛应用可编程逻辑控制器,极大地提升了电力生产的协调能力,使电气工程更加稳定可靠地运行。该控制器的功能丰富,包括系统自动切换、远程监测、智能调控等。从目前的情况看,随着智能化技术的发展,电气工程自动化控制水平日益提升,系统中开始广泛应用智能控制技术。系统采用智能控制算法,能够满足自适应控制的需求,对控制器参数进行实时调整,并且对系统进行动态跟踪,常用的控制模型为同步发电机励磁控制。在传统PID的基础上进行

技术创新,实现自校正PID的应用,将RL作为基础,大幅提升参数整定的效率与精度。在智能控制技术中,深度强化学习也是非常重要的技术手段,尤其在新能源高渗透电网中,应用该技术能够有效调节电网频率。

随着技术的发展与系统的不断升级,单一的智能化控制技术已经无法满足需求,可以采用混合增强智能技术。在物理模型的技术上,配合AI技术,使电气工程自动化水平进一步提升^[6]。主要运用数字孪生技术,结合实际需求构建仿真平台。同时采用知识图谱嵌入技术,转变传统标准,采用控制约束,如变压器过载保护规则编码。在AI应用的过程中,还要不断向轻量化、便捷化的方向发展。所以采用巡检机器人、智能电表等技术手段,全面简化电气工程结构,实现电网的智能调控,强化用电侧智能管理水平。在实际应用的过程中,物理层设备为系统基础,利用5G/TSN技术,建立边缘计算节点,然后利用智能控制中枢,搭建数字孪生平台,实现混合增强决策,满足预测性控制与实时优化控制的需求,由执行器完成全部任务,然后发挥物理层设备。

3.2 故障诊断技术应用

在电气工程自动化系统运行过程中,受到恶劣气候、设备老化、环境条件等因素的影响,可能会出现短路、断路等故障问题。在现代社会中,供电需求不断增长,为确保电气系统能够稳定安全地供电,必须强化电气工程故障诊断技术。可以采用智能化诊断技术,精准分析系统各个设备的故障问题,具有动态监管、故障预测、故障定位等功能。构建多元感知层,利用视觉检测和化学传感器,能够获取详细的设备参数。红外热像仪用于检测设备因渗漏油造成的散热异常情况,在温差超过3℃的情况下就能够进行识别。利用高清摄像头进行设备拍摄,并且结合AI图像处理功能,获取精确清晰的设备故障图像。化学传感器包括油气浓度传感器和光纤布拉格光栅,前者能够检测变压器油挥发物,具有很高的灵敏度,检测苯系有0.1ppm的灵敏度;后者用于检测油渗漏带来的应变变化,能够达到 $\pm 2\mu\epsilon$ 的检测精度。边缘计算节点部署轻量化模型,能够进行时序异常检测。在智能检测的基础上,配合智能诊断算法,融合多模态数据,精准诊断渗漏原因(如表2)。

此外,PLC技术也是比较常用的故障诊断技术,能够对开关量进行控制,广泛用于继电器运行模拟。在实际应用时,如果检测出系统故障与缺陷,会根据检测结果进行自动控制切换,确保系统反应速度,实现系统高效运行。在网络控制方面,PLC技术也发挥着巨大的优势,能够精准计算运行速度,确保信号处理的准确性,进而

保障各类故障都能够被识别和排除，为系统稳定安全的运行奠定良好的基础。

表2 渗漏原因诊断

渗漏类型	特征模式	AI诊断方法
密封圈老化	缓慢持续油位下降+法兰处温度梯度	随机森林（准确率92%）
焊缝裂纹	突发油压骤降+局部超声信号增强	1D-CNN（F1-score 0.89）
套管渗漏	油渍沿套管伞裙分布+介损角增大	图神经网络（GNN）

3.3 系统优化设计策略

电气工程自动化控制体系中，必须选择先进的电气设备，并且运用合理的设计方案。电气设备设计始终是电气工程自动化系统构建的难点，可以运用智能化技术进行技术突破。在实际设计的过程中，可以采用CAD技术进行可视化调整。系统中，变压器发挥着关键作用，为满足变压器自动化控制的要求，既要选用智能设备，也要完善设备配套。利用PLC自动化屏搭建系统，使变压器管理更加便捷，满足变压器稳定运行的需求。在实际设计的过程中，需要设计感知层、通信层、决策层和执行层四个关键功能模块。其中，感知层主要运用传感技术，能够进行电流、红外等多种物理量的传感；通信层采用5G通信技术，搭建5G URLLC结合TSN时间敏感网络结构，时延能够控制在1ms以内；决策层采用混合增强智能技术，通常会运用物理模型结合深度学习的模式；执行层使用智能继电器，动作时间不超过10ms。

系统设计主要应用自适应控制算法、多目标动态优化、容错控制设计等核心技术。其中，数字孪生验证技术广泛应用，能够将2000场以上的故障场景注入虚拟环境，满足训练需求，使控制策略更加智能和精准。通过智能化技术的应用，能够全面提升电气工程自动化控制系统的设计水平，并且有效降低系统的运维成本与故障损失，同时提升能源效率。例如，某电气工程采用智能化技术进行系统设计，运维成本从200万/年降低为80万

/年，降低效果达到60%。故障损失也从原本的500万/次降低为50万/次，损失减少90%。能源效率从85%提升为93%，提升8个百分点。

结语

综上所述，我国电气工程自动化控制水平在不断提升，尤其在智能化技术的应用下，不仅能够提升控制精度和响应速度，也能够强化系统的可靠性与自愈能力。所以，在系统控制、故障诊断、优化设计等方面，都要积极应用智能化技术。从当前的发展趋势来看，智能化控制会逐步突破物理极限，使传统电力系统逐渐发展为“自适应-自组织-自进化”的控制模式。

参考文献

[1]袁挺.电气工程自动化控制中智能化技术的应用探究[J].科技资讯,2025,23(11):50-52.

[2]张博,刘光辉,孙桂磊.智能化技术在电气工程自动化控制中的应用研究[J].中国设备工程,2025,(07):26-28.

[3]周岩.智能化技术在自动化控制系统中的应用[J].电子技术,2025,54(03):162-163.

[4]陈彦冰.智能化技术在电气工程自动化中的应用分析[J].数字技术与应用,2025,43(01):226-228.

[5]周志坤.智能化技术在电气工程自动化控制系统中的应用分析[J].仪器仪表用户,2025,32(01):87-89.

[6]王秋洋.智能化技术在电气工程自动化系统中的应用[J].张江科技评论,2024,(12):57-59.