

基于智能化技术的电气工程及其自动化研究

党飞虎

正泰安能数字能源（浙江）股份有限公司，浙江 杭州 310051

[摘要]伴随着 AI 以及物联网、大数据等新技术的发展和进步，智能化技术与电气工程自动化相结合已经成为整个行业的升级换代的一个发展趋势。文章从智能化技术应用于电气工程自动化的作用出发，介绍了相关的传感技术，大数据及云计算、人工智能等相关关键技术，在此基础上针对电气设备的状态检测、维修保养，控制系统的调试，能源管理和应用等方面进行了具体的研究，最后提出了一些建议性的意见。研究发现，智能化技术的应用可以使电力系统更加高效稳定地运行，有助于提高安全性、加快行业管理走向信息化的步伐，对实现电气工程行业的可持续健康发展有着十分重要的作用。

[关键词]智能化技术；电气工程；自动化

DOI: 10.33142/ect.v4i2.19195

中图分类号: TP18

文献标识码: A

Research on Electrical Engineering and Automation Based on Intelligent Technology

DANG Feihu

Chint Anneng Digital Energy (Zhejiang) Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310051, China

Abstract: With the development and progress of new technologies such as AI, the Internet of Things, and big data, the combination of intelligent technology and electrical engineering automation has become a trend of upgrading and replacing the entire industry. Starting from the application of intelligent technology in electrical engineering automation, this article introduces key technologies such as sensing, big data, cloud computing, and artificial intelligence. Based on this, specific research is conducted on the status detection, maintenance, control system debugging, energy management, and application of electrical equipment. Finally, some suggestions are put forward. Research has found that the application of intelligent technology can make the power system operate more efficiently and stably, help improve safety, accelerate the pace of industry management towards informatization, and play a very important role in achieving sustainable and healthy development of the electrical engineering industry.

Keywords: intelligent technology; electrical engineering; automation

引言

电气工程技术与自动化是当今工农业生产及人们日常生活的重要支柱。目前行业内严重依靠工程师人工手动调节相关参数，此方式效率低下、准确率低以及不能够统一标准化的问题成为限制企业产能提高与产品质量的关键瓶颈之一。伴随着传感器技术、物联网、大数据、人工智能等一系列新型信息科学技术的发展，电气自动化控制系统也向着智能化、数字化的趋势发展。而在芯片产业中，微小的电机转动速度或者位置差异可能会引起一整个生产批次的产品失效问题，电机的控制精度直接影响到整个工业生产的效率以及产品的质量好坏问题。智慧技术与电气工程自动化融合的应用，可以提高系统的运行效率及安全性能，促进管理模式转变，做到对能源的精细化管理，本文通过研究智慧技术对电气工程及其自动化方面应用的意义及主要技术支持手段以及应用实例，来给出发展策略，以便于给行业智能化发展做借鉴。

1 智能化技术在电气工程及其自动化中的应用意义

1.1 提升电气系统运行效率

智能技术通过对控制方法及参数调整，在很大程度上

提高了电器系统的运行效能。传统的电器控制系统大多采取固定的参数进行运作，很难应对千变万化的工况条件。面对工业领域对于精细化控制强烈的要求，由人工智能算法来完成电机参数识别及优化的功能模块，可以迅速找到合适的参数区间使设备处于最优状态，完成调参工作智能化、自动化的转变。其智能型的参数修正手段，使得调试的时间缩短好几倍，极大的增加了设备运行时的安全系数以及准确性。

1.2 增强系统运行安全与稳定性

电气系统运行安全性是工业生产的最基本的保证条件，智能的技术可以实时监控、提前报警、自动处理从而提高电网的安全可靠性，在恶劣天气情况下，AI 调度员可以在一秒时间内实现电网的风险评估、制定出解决措施并且自动进行调度处理，全流程处置时间从过去的数小时缩减至五分钟以内，快速反应对于电网的安全稳定运行来说非常重要，另外通过零序多次级联动方式及仿等效 Π 模型方法感知电网线路的对地电容的变化，做到故障提前感知，第一时间给运维人员发送提醒短信促使其进行主动巡视，进一步提高了配电网运行的安全度、可靠性和稳定性。

1.3 推动电气工程管理模式的数字化转型

智能化技术的发展使电气设备管理由传统的手动方式转变为数字化及智能化的方式。一直以来,变电设备的状态检修都依靠人力,近年来供电公司的变电站数量也越来越多,人工作业量很大,而风沙阴霾、霜雪雨雾等环境会对可见光图象或者红外线热图造成干扰,容易产生错漏。智能监控系统可以实现设备状况的自动化巡视以及数据处理,大大减少了工作人员的工作量,提升了检测的准确率。

1.4 促进能源利用效率与节能管理水平提升

在“双碳”目标下提高能源使用效率已经成为各行各业共同的任务,智能化技术通过对设备进行精确控制以及合理调配使得能源浪费大大减少,在建筑照明、空调制冷制热、工厂动力设备等领域采用智能化控制系统可以带来明显的节电收益。借助于 AI 进行对电力电量预测及调度的技术,对电力供应、储能、用电全过程实时监测,给大规模可再生资源应用提供了一个可复制的产业园区示范项目,智能化能源管理模式一方面减少了能源开支另一方面也为其成为实现碳达峰、碳中和目标的技术基础。

2 智能化技术在电气工程自动化系统中的关键支撑

2.1 传感技术与数据采集系统

传感技术是电气工程自动化的重要组成部分,它是用来收集设备工作状况以及环境状况。输变电设备种类主要有变压器、断路器、互感器等,输变电系统设备工作时要获取很多个物理量参数,所以进行非接触式多物理量采集传感的研究是很重要的,针对变压器、GIS 等重要设备进行局放光/电、工频泄漏电流、机械振动等多种参数感知的研究,从而能够做到对于整个电气设备运行的整体情况有较为精准的把握。在实际运用中,多模态传感信息联合智能感知终端是由不同类型的传感器和相应的边缘计算单元组成的,具有可见光及红外线、局部放电电信号检测能力,可以达到对变电站内主要设备运行状态全面监控的目的。这种终端设备显著提升了设备状态感知的全面性和准确性。

2.2 大数据与云平台技术支撑

大数据技术为电网系统运行分析、故障定位及优化控制提供数据支撑。输变电装置运行状态数据来源多样,对所产生结构化、非结构化数据,应用多源时空数据耦合与自适应深度学习算法进行缺陷智能检测技术研究。在结合现场采集数据(油温、绕温、振动、噪声等)、红外光谱图像数据、设备类型、产品出厂试验数据的基础上开展相应的探究性及验证性的工作,建立温场、磁场模型并对设施实现在线监测及准确预报。云平台技术是电网系统强有力的计算、存储支持。利用最新分布式云技术和虚拟化技术来重新设计 DCS 和 PLC,以及与改善运行紧密相关的高级控制和 SIS 让其融为一体,相互配合工作。任何一个

DCS 或者 PLC 系统中的 HMI 功能、高级控制计算功能、SIS 功能都能够使用由若干台服务器组成的虚拟系统在其上进行操作,在一个开源式的环境之中完成。基于 5G、IoT、云计算技术的生产设备云管控平台,也将打破传统的火力发电厂工艺过程控制 DCS 系统控制方式。

2.3 人工智能与智能控制技术

人工智能技术作为电气系统进行智能化判断和控制的基础。以人工智能云为依托,通过边缘认知、多层次感知、层次化应用、按需集成的基本思路,设计一种基于 AI 云计算结构的变电站云边协同网络方案。在 5G PaaS 平台上分别建设变电站云 PaaS 以及边缘 PaaS,运用变电站云边协同动态任务分配机制,对变电站的众多异源异构的数据进行整合。创建异构数据资源库,数据合并模块用 AI 中所用的动态贝叶斯网络模型,来完成对变电多源异构数据的整合工作。实验结果显示,此种方式对边缘节点能耗有更好的把控能力,在数据融合上速度快,信息增量大都在 96%以上,完整性最大可以达到 99%,并且在此基础上智能控制技术也有很大的创新:某方案通过减少一个控制过程中不必要的震荡——超调量至零来提高机器的平稳性及精准度;通过改进算法结构使调试速度成倍提高,能够使系统能及时发现并且调整到适用于电机工作的参数从而维持电机的最佳工作状态。这都是基于智能控制技术的运用使得对工业生产的精密控制有了更大的保障。

3 智能化技术在电气工程及其自动化中的应用实践

3.1 电气设备运行状态智能监测

设备状态智能监控是保证电力系统的可靠供电的重要措施。一台带有多种传感器信息联合智能检测模块的机器准确地发现了 220 千伏兴隆变电站设备存在的问题,这个模块集成了可见光、红外光以及局放等多种模态的信息,在各种条件下都可以精确判断出变电设备的工作状况。研发人员攻克了复杂条件下的传感信息加强难题,把可见光图象降噪和识别,红外图像校准加强,局放降噪和定位等一系列算法整合到机器的信号处理器内,在恶劣天气情况下对于设备外表状况、温度突变、绝缘损伤的早期特征进行自动检测的能力大幅提升。到现在为止,通过这个装置,运维人员总共发现了并且及时处理了供电区域内的变电站内一些设备缺陷。

3.2 电气系统故障诊断与预警

故障检测及报警技术属于智能技术应用于电气工程领域的技术之一,某系统加强了电力线异常状况提前报警功能,可以诊断配电网络亚健康现象,准确判断绝缘劣化薄弱环节,提高安全隐患查找速度。收集电网当前的电气量测信息、录波记录,在零序多段式启动的基础上结合等效 Π 型模型来感知电网线路对地电容的变化情况,做到故障发生之前的动态感知并即时告知运维部门进行

巡视查探。引入云边结合、多源异构数据集成、大数据分析等一系列先进技术手段，形成“监测-报警-处理”的故障主动防控闭环管理机制，实现对故障早期隐患潜伏点的精准发现并采取相应措施进行预防。从表 1 可以看出，不同的故障诊断算法之间有着很大的不同，在准确率以及响应时间上都有所差异并且应用于不同的场景之中。

表 1 不同故障诊断算法性能对比

故障类型	诊断方法	准确率 (%)	响应时间 (ms)	应用场景
变压器绕组短路	动态贝叶斯网络	98.5	156	变电站主变
局部放电故障	卷积神经网络	97.2	128	GIS 设备
电机轴承故障	深度学习	96.8	142	工业电机
绝缘劣化缺陷	多源数据融合	97.5	168	配电线路
断路器误动	支持向量机	95.3	112	开关设备

基于多源时空数据融合及自适应深度学习的缺陷智能检测方法，在现场采集的数据、红外图像以及装置型号及其出厂试验有关信息上构建了温场、磁场模型并对其进行实时监督及精确预报。以故障隐患辨识及动态综合选线决策模型为基础可以针对网架布局和运行情况对算法参数进行实时调整，进而可以得到较高的故障先兆探测率及良好的容错性能。

3.3 自动化控制系统优化与升级

自动化控制系统智能化的改造是对提高生产力水平的一个重要突破点，云控系统集成了传统控制系统的大部分关键技术，例如：底层平台优化技术，控制冗余技术，逻辑控制内核，工业通讯协议全栈等，基于这些技术的支持下，使得云控系统具有很高的运算速度与周期性，较高的稳定性，网络丢包率为低于万分之一^[1]。新型智能前端和云平台控制技术集成构成了边缘（现场）控制端，基于云边一体化的工作方式，可以达到云控制器-现场控制终端的两级控制结构，当发生云边通讯故障的情况下也能保护好现场操作的安全。在工业控制系统中，借助云计算平台的大数据分析处理能力，以及云计算平台大容量存储空间与 AI 算法等，实现对生产现场全方位监测、深入挖掘信息，提升过程监控精度、自动化程度，增强机组优化调控、节电减排效能。这样的云端联动式控制方式成为工业企业转型升级中的一种全新解决方案。

3.4 智能能源管理与节能控制

智能能源管理属于电气工程智能化的应用领域之一，在节约能源、降低能耗方面有着重要意义。上海电气汕头智慧能源项目把风、光、储、充、智装到一个园区内，在园区里创新性地微网技术与能源管理系统融合在一起，打造了国内第一个以 IEC61850 标准为基础的数字化控制系统，达到了独立发用电的稳定性以及联网互动的效果^[2]。

借助 AI 能量预测与调度体系，实时监测发电、储能以及能源使用情况；获得了广东第一张碳中和证书的同时也成为了高比例可再生能源的园区典范。EcoEnergySmart 平台对微断开关、环境检测传感器、太阳能、充电桩，空调、电梯等所有的设备都进行接入，通过对电能数据进行归集可以得到一个完整的用能全景图，在线式的监控与调节能以及获取多方的资料建立成丰富的档案，方便以后的研究与改善。平台依托大数据分析实现智能化的能源管控，节省用电量，借助监控预警系统减少了人工巡检次数，节约人工维护费用。表 2 为不同应用场合下智能能源管理的节电率。由表格中的数据可见智能化控制方式对于所有应用场景均有较高的节能效果，节电量普遍达到 24% 以上，投资回收期不超过 30 个月，具备较好的经济性。

表 2 智能能源管理节能效果对比

应用场景	控制策略	改造前能耗 (kWh/月)	改造后能耗 (kWh/月)	节电率 (%)	投资回收期 (月)
楼宇照明系统	模糊控制+光照感应	12500	8750	30.0	18
中央空调系统	神经网络预测控制	34800	26100	25.0	24
工业电机群	变频智能控制	56700	42525	25.0	22
园区综合能源	AI 优化调度	89200	64700	27.5	28
数据中心配电	数据中心配电	45300	34428	24.0	30

在楼宇能耗管理上，空间运营管理一体化方案可以对不同的时长、区域以及环境下的灯光与空调等主要耗电设备进行自动化的操控管理从而提升能源利用率，带给员工更健康的办公环境；自主开发的会议全流程数字化模块，做到零纸质化、少人力化，做到环保和高效兼顾^[3]，智能化的能源管理方式使得节电和调控相结合，给建筑节能带来了解决办法。

4 电气工程自动化智能化发展的优化策略

为了促进电气工程自动化智能化发展进程，必须在技术框架、数据分析以及人才队伍建设等方面全面发力，在技术框架上，要以边缘认知、多层次感知、逐层应用、按需集成这些基础理念为基础来建设一个云计算加边缘计算相结合的电力系统的智能运行系统，利用微服务模式使各环节的数据采集、传送、分析与展示等进行分离，增强其弹性和可扩展能力，另外还要有容错冗余设计以及自我恢复功能保证系统的正常运作。在数据处理上需设立多种异质数据资源池，对各种类型异质的数据进行存储与关联，使得其能够被有效集成并加以利用，在此基础上建立共同的数据模式以及开放式的 API 接口，从而使该系统可以与 SCADA 系统、变电站自动化系统等相关系统相互兼容并能彼此之间相互连接起来，另外

也需要重视复合型人才的培养,培养既懂电力工程知识又能熟练运用 AI、大数据相关技术的人才队伍,给电气工程的智能化发展提供智力保障,通过上述措施达到技术、信息、人才三位一体的发展态势,促进电气自动化系统的智能化水平进一步提高。

5 结语

智能化技术和电气工程以及自动化相互交叉融合的发展是大势所趋,在文中提出,传感技术、大数据及云计算平台、人工智能技术等都是对电气系统智能化的重要支持力量,在设备状态监控、故障检测、控制系统的调节以及能源消耗等方面的应用效果比较突出。一种新型的技术实现了算法的动态自适应调整并且可以应用于伺服驱动装置上进行测试,可迅速适用于各类工业机器人伺服系统,具有较强的实用性。当大规模的智能制造逐步开展起来的时候,该新型技术或将在半导体行业,机械零部件的精细

加工等方面有所作为,从而推动制造业向高端化迈进。未来,伴随着 5G、物联网、边缘计算等一系列新技术的发展,电气工程自动化系统的智能化、信息化、高效化和安全可靠程度会越来越高,从而可以更好地服务我国绿色低碳以及可持续发展的战略目标。

[参考文献]

- [1]彭宗旭.基于智能化技术的电气工程及其自动化研究[J].产业创新研究,2025,1(24):91-93.
- [2]霍亮.电气工程及其自动化的智能化技术研究[J].电力设备管理,2025,1(6):83-85.
- [3]孙芷璇.电气工程及其自动化的智能化技术应用研究[J].电气技术与经济,2024,1(1):70-71.

作者简介:党飞虎(1996.5—),毕业于郑州电力职业技术学院,电力系统继电保护与自动化专业,2025 于华北水利水电大学进修电气工程及其自动化专业。