

电气工程自动化技术应用与发展分析

卢金龙

邢台纳科诺尔精轧科技股份有限公司, 河北 邢台 054000

[摘要]电气工程自动化技术是现代电力系统与工业生产的重要技术支撑,在能源转型与数字化转型的双重驱动下正经历深刻变革。文中系统阐述了电气工程自动化系统的硬件架构、软件构成与功能特点,深入分析了当前应用中面临的系统集成水平、数据共享能力、网络安全风险、运维成本及人才培养等五个方面的突出问题,并在此基础上提出了推进系统集成标准化、提升智能感知与数据融合能力、加强网络安全防护、构建智能运维体系以及完善人才培养机制等针对性发展策略。研究表明,技术创新与制度完善的协同推进是电气工程自动化技术高质量发展的关键所在。

[关键词]电气工程自动化;系统集成;数据融合;网络安全;智能运维

DOI: 10.33142/ect.v4i8.20343

中图分类号: TP242

文献标识码: A

Application and Development Analysis of Electrical Engineering Automation Technology

LU Jinlong

Xingtai Naknor Technology Co., Ltd., Xingtai, Hebei, 054000, China

Abstract: Electrical engineering automation technology is an important technical support for modern power systems and industrial production, and is undergoing profound changes under the dual drive of energy transformation and digital transformation. The article systematically elaborates on the hardware architecture, software composition, and functional characteristics of electrical engineering automation systems. It deeply analyzes the prominent issues faced in current applications, including system integration level, data sharing capability, network security risks, operation and maintenance costs, and talent cultivation. Based on this, targeted development strategies are proposed to promote system integration standardization, enhance intelligent perception and data fusion capabilities, strengthen network security protection, build intelligent operation and maintenance systems, and improve talent cultivation mechanisms. Research has shown that the coordinated promotion of technological innovation and institutional improvement is the key to the high-quality development of electrical engineering automation technology.

Keywords: electrical engineering automation; system integration; data fusion; network security; intelligent operations

引言

电气自动化技术是现代电力系统安全、可靠、稳定的保证。伴随着人工智能、大数据、物联网等新一代信息技术的迅猛发展,电气工程自动化也正在由原来的数字化、网络化向智能化方向快速转变。该技术被普遍应用到电力系统运行监控、工业制造过程控制、智能建筑能源管理以及交通运输等诸多领域当中,它对于改善系统运行效率、改进能源分配方式、加强安全性并促进技术发展等方面都有着越来越大的意义。但是随着应用场景的不断扩大以及系统越来越复杂,电气工程自动化在系统集成、数据交互、安全防护、运维管理以及人才支撑等各方面都存在着许多现实问题。怎样正确把握技术的发展方向,怎样破解发展的瓶颈,已经成为行业急需回答的重要问题。

1 电气工程自动化系统的组成与特点

电气工程自动化系统是由硬件设备和软件系统共同组成的复杂的技术系统。从硬件架构上看,系统主要是由微控制器、各种传感器、执行机构、总线接口和通信模块等组成;从软件层面来讲,包含计算机语言编程、控制算法设计、逻辑程序开发以及通信协议栈等内容。电气控制系统是工业自动化生产线的中枢神经,它稳定、实时、智能程度越高,生产效率和产品质量就越好。系统一般会包含数据采集和监控、逻辑控制和保护、调度管理和决策等各个层次,各个层次之间用工业以太网、现场总线等通信协议互相连接起来。

电气工程自动化系统具有信息展示直观、灵活、智能化程度高等特点。通过使用人工智能、大数据分析、物联

网等智能化手段,使系统可以对运行数据进行实时采集、分析和处理,从而达到电气设备智能监控、故障诊断、预测性维护的目的。与此同时,系统高效性、安全性也越来越受重视,高效体现在能源流、信息流的合理分配上,安全贯穿于设备运行、数据传输、控制执行的全过程。电气工程自动化系统目前正处在越来越复杂的、管控要求越来越精细的双重压力之下。

2 电气工程自动化应用存在的问题

2.1 自动化系统集成水平有待提升

目前电气工程自动化系统集成水平同行业发展的需要还存在着较大的差距。一方面集中控制、分布式控制系统存在效率低、兼容性差等缺点。不同的生产厂家设备之间的通信协议不一样,接口标准也不一样,造成整个系统不能互相兼容,影响了整个系统的性能发挥。另一方面,系统架构设计缺少前瞻性、开放性,模块化程度低,新增功能或者扩大规模的时候,常常要对原有的系统做大幅度的改动,造成资源浪费和工期拖延。机械与电气设备之间兼容性不好,这是目前技术优化中遇到的主要难题。另外各类厂商设备所采用的数据格式、通信接口、命名体系以及采样频率存在着较大的差别,从而使得系统集成变得十分繁杂。

2.2 数据共享与信息交互能力不足

数据是电气工程自动化系统的主要资源,数据的共享、交互性的好坏直接影响到系统的智能化程度。但是传统的电气控制系统存在着信息孤岛严重、数据利用率低、远程运维难、架构僵化等缺点。各个子系统之间数据格式不统一、传输协议不同,造成数据不能在不同的系统之间自由流动和相互利用。状态监测数据不能协同使用,不能被纳入统一调度,不能支撑运维决策闭环^[1]。多源数据融合技术可以将各种各样的信息进行整合,从而提高设备的性能以及生产效率,但是实际落地的时候会遇到数据质量高低不一、实时性不能得到保障、不同系统之间协调困难等问题。数据主权归谁所有,隐私保护又该如何进行,共享机制应当怎样设计等问题仍缺乏相应的解决办法。目前电力设备状态监测系统存在着数据来源多、接入协议杂、监测维度零散、平台标准不统一等状况。

2.3 系统运行安全与网络安全风险并存

电气工程自动化系统提高运行效率的同时,也存在越来越大的安全问题。从运行安全角度来说,系统长时间连续工作造成的设备老化、元器件故障等状况不能被忽视,控制逻辑出错或者参数设置不合理会造成设备误动作甚至安全事故。网络安全方面,电力配电网自动化系统成了

保证能源供应稳定的中心性基础设施。配电网自动化系统网络安全风险是由架构脆弱性、通信协议缺陷、数据泄露、人为因素这四个方面的构成的。由于系统开放程度越来越高,网络攻击面越来越大,外部攻击、内部泄露和设备故障等各方面的因素相互交织在一起。操作系统版本繁杂、安全管理难度大、未修复的漏洞容易被利用来破坏核心功能,属于高危操作风险。运行安全和网络安全互相渗透、互相影响,任何一个环节出现漏洞都会造成连锁反应。

2.4 自动化设备运维成本较高

自动化设备高昂的运维费用,成了阻碍电气工程自动化技术广泛应用的主要原因。设备种类繁多、型号不一,备品备件管理繁杂,维修维护要依靠专业的技术人员和专用的工具,人力和物力消耗大。另一方面,目前普遍使用的传统运维模式是以定期检修、故障后维修为主,存在着检修不足和检修过剩并存的情况,既增加了不必要的维护成本,又容易造成设备故障的扩大。随着设备服役时间越长,故障率就越大,运维成本也越来越高。另外,远程运维困难也成了推高成本的因素之一,当设备分布较广、地处偏远的时候,现场维护的交通和时间成本就变得很高。传统的运维方式存在着效率低、成本高的问题。怎样才能降低电气工程自动化领域的全生命周期运维成本,已经成为一个亟待解决的现实问题。

2.5 高素质复合型技术人才相对不足

人才是电气工程自动化技术发展的基础,但是目前电气工程自动化技术发展缺乏高素质的复合型技术人才,已经成为制约电气工程自动化技术发展的主要问题。电气工程自动化包括电气、电子、控制、计算机、通信等多个学科领域,对从业者所要求的知识结构和综合能力来说,是很高的。但是高校人才同实践需求之间存在着断层,缺少工程和编程复合型人才。传统电工企业的人才结构断层问题越来越严重。课程体系衔接不畅、实践教学管理困难、师资队伍建设滞后等问题比较普遍。新工科背景之下技术复合度低、工程实践性差的矛盾急需解决^[2]。人才培养的滞后性造成新技术、新设备的推广应用缺少足够的人员支持,产生技术发展快和人才供给慢的结构矛盾。

3 电气工程自动化技术的发展策略

3.1 推进自动化系统集成与标准化建设

破解系统集成难题的关键就是推进标准化建设,改善系统架构。从标准角度来说,应该以智能电网用户端、电动机等为对象,制定智能工厂建设指南标准以及系统集成规范。新型电力系统智能电网自动化系统应用技术规范已经对系统基本要求、功能、数据、系统安全、运行维护等

各方面作出明确规定,基本要求包括集成性、实时性、互动性、可扩展性。从架构上来说要遵循分层解耦的原则,把感知层、网络层和控制层物理上隔离、逻辑上解耦,并且用标准化的 API 接口来实现各个系统之间的数据互通。从技术上来说应该采用模块化的设计思想,用模块化、分层控制的结构来提高系统的可扩展性和可维护性。健全标准规范体系,促使各个厂商的设备能够互相连接、互相配合。除此之外还要加强技术攻坚,不断改善系统的集成度和稳定性。

3.2 提高智能感知与数据融合能力

提高数据共享和交互能力要从感知、融合、平台三个方面共同推进。从感知角度来说,依靠人工智能技术的多源数据融合、智能算法建模和自动化流程改进等手段,可以较好地冲破传统数据采集方式的限制。在融合上应该建立多源监测数据融合系统,全方位地采集分析数据。统一状态监测数据的结构定义、传输接口、命名编码、时间精度、质量标识、安全属性等核心技术内容,使数据标准化采集和规范化传输得以实现。中国电力科学研究院已经取得电力人工智能应用领域的重大技术突破,在精准感知、数据融合、实时决策这三个方面都取得了行业技术上的突破^[3]。从平台角度来讲,要创建统一的电力数据中台,创建起“感知-诊断-预警-控制”一体化的运行体系。同时要促进电力系统设备状态监测数据的统一建模、标准传输、兼容识别和高效接入,创建起统一规范、互联互通、安全可信的数据生态体系。

3.3 加强自动化系统网络安全防护

应对网络安全风险要创建多层次的主动防御体系。防护架构上应该采用分层防护架构,使网络隔离、安全监测、数据加解密等防护措施有机地配合起来。从技术手段上讲,应该采取分层防护、动态监测、智能响应相结合的防护方式来降低系统受到网络攻击的风险。就具体的网络安全风险防护技术来说,可以从漏洞扫描与修复、访问控制、入侵检测和防范这四个方面来部署。从管理角度来说,要创建常态化的安全评价和应急响应体系,加强安全接入区的防护标准,确定安全接入区的加密认证,安全监测等技术标准。国家标准《变电站二次系统第4部分:网络安全防

护》已经全国电网运行与控制标准化技术委员会归口。加快智能型防护技术的开发和运用,提高安全防护的主动性和智能化程度。

3.4 构建智能运维与预测性维护体系

降低运维成本的根本途径就是把运维模式由传统的定期检修转变为以数据为驱动的智能运维。人工智能技术属于一种依靠数据进行智能决策的工具,在电力系统运维方面已经得到了广泛应用。从技术路径上来说,应该用机器学习做预测性维护和故障诊断,用计算机视觉来实现智能巡检和缺陷识别。预测性维护属于重要手段,依靠诸多数据采集途径,实时状态监控并融合智能算法加以剖析,从而达成对设备出现故障前的预知以及维护改善的目的。系统建设要创建预测性维护模型以及自愈机制,达成由被动应对转向主动干预的目的。变电设备预测性维护属于保证电力系统安全稳定运行的技术发展方向,主要依靠数据驱动的方法来完成故障的提前识别和智能预警。采用已经建立起来的深度学习预测性维护模型可以提高故障识别的准确性、及时性^[4]。依靠数字孪生的设备状态评价和预测性维修策略,依靠数字镜像建模、各种数据监测信息融合、故障预测模型创建等手段可以大大提高设备的维护效率。

3.5 完善人才培养与技术创新机制

破解人才短缺的困局,必须从培养体系、产教融合、制度保障这三个方面入手系统地进行解决。从培养体系上看,要改善课程体系,加强产教融合,改变教学评价方式。以胜任力模型为依据的人才培养模式可以有效地填补教育供给同产业需求之间结构上的差异。产教融合要以企业真实的工程问题为向导,使学生在解决问题的过程中,自然而然地实现多学科知识的融合运用。加强实践教学环节,创建高水平实践基地,促使学生投身科研和工程实践当中来,进而优化自身解决问题的水平。从制度保障来说要健全课程体系衔接机制,加强师资队伍建设。创建创新创业育人平台、健全课程体系、加强校企合作,使创新创业理念同产学研教育有机融合起来。新型电力系统建设促使“人工智能+电力”深度融合,人才培养要适应这种趋势,创建起技术能力与经济思维双管齐下的复合型人才培育体系。表1整理出以上核心问题和相应的发展策略。

表1 电气工程自动化核心问题与发展策略对照表

面临的主要问题(第2章)	对应的发展策略(第3章)	核心实施要点
2.1 自动化系统集成水平有待提升	3.1 推进系统集成与标准化建设	制定系统集成规范,采用分层解耦架构与模块化设计
2.2 数据共享与信息交互能力不足	3.2 提高智能感知与数据融合能力	统一数据标准,建设数据中台,构建一体化运行体系
2.3 系统运行安全与网络安全风险并存	3.3 加强自动化系统网络安全防护	构建分层防护架构,强化动态监测与智能响应
2.4 自动化设备运维成本较高	3.4 构建智能运维与预测性维护体系	基于AI与深度学习实现预测性维护与故障预警
2.5 高素质复合型技术人才相对不足	3.5 完善人才培养与技术创新机制	优化课程体系,深化产教融合,强化实践教学

4 结语

电气工程自动化技术正处在技术革新和产业转型的重要阶段。就系统集成水平、数据共享能力、网络安全风险、运维成本、人才培养等各方面而言,要依靠技术创新和制度完善两方面来推动。推进系统集成和标准化建设,提升智能感知和数据融合能力,加强网络安全防护,创建智能运维体系,健全人才培育体系,能够使电气工程自动化技术在电力系统安全运行、能源绿色转型、制造业高质量发展等方面发挥出更大的作用。智能化技术使系统从以前的被动应对问题变为现在主动的提前干预。随着人工智能、数字孪生、工业互联网等新技术的不断发展,电气工程自动化也必然要向更加智能、更加高效、更加安全的方向发展。依靠系统性的变革来达成动态的平衡,这是电气

工程自动化技术高质量发展所必须走的路。

[参考文献]

- [1]李晶.电气工程及其自动化技术在电力系统中的应用与发展路径[J].光源与照明,2026(5):227-229.
- [2]罗柳军.电气工程自动化技术在电力系统中的应用分析[J].光源与照明,2025(9):233-235.
- [3]何思远.电气工程及其自动化技术下的电力系统自动化发展分析[J].电子元器件与信息技术,2025,9(4):211-213.
- [4]王新国,张兵理.电气工程中自动化技术的优势分析与应用[J].家电维修,2024(1):104-106.

作者简介:卢金龙(1990—),男,汉族,河北邢台人,2011年6月毕业于河北工程大学,本科,现主要从事/研究方向为电气设计及调试。