

自动化技术在电气工程中的应用分析

郑子峰

安徽实华工程技术股份有限公司天津分公司, 天津 300270

[摘要] 自动化技术与电气工程结合是实现能源电力系统智能化的重要途径。文章介绍了自动化技术概念及其发展过程, 从电力系统、工业控制、新能源发电三个方面介绍了自动化技术主要应用领域以及 PLC、DCS、工业以太网和现场总线等关键技术支撑作用。研究发现, 电气工程自动化技术进步促进了电力系统发展, 而 PLC 自动控制技术由于具有稳定可靠、易于编程、应用范围广泛等特点被广泛应用于各种电力生产环节中。目前, 技术融合性差、安全问题严重、专业技术人才缺乏等影响了自动化的发展。未来, 智能化数字化高度融合以及云计算与雾计算相结合的应用将是主要趋势。本文意在电气工程自动化技术的研究及应用起到一定的借鉴意义。

[关键词] 自动化技术; 电气工程; PLC 控制; 智能电网; 工业以太网

DOI: 10.33142/hst.v9i4.19603

中图分类号: TM8

文献标识码: A

Application Analysis of Automation Technology in Electrical Engineering

ZHENG Zifeng

Tianjin Branch of Anhui Shihua Engineering Technology Co., Ltd., Tianjin, 300270, China

Abstract: The combination of automation technology and electrical engineering is an important way to achieve the intelligence of energy and power systems. The article introduces the concept and development process of automation technology, and discusses the main application areas of automation technology from three aspects: power system, industrial control, and new energy generation, as well as the key technical support roles of PLC, DCS, industrial Ethernet, and fieldbus. Research has found that the advancement of electrical engineering automation technology has promoted the development of power systems, and PLC automatic control technology is widely used in various power production processes due to its stability, reliability, ease of programming, and wide range of applications. At present, poor technological integration, serious security issues, and a lack of professional technical personnel are affecting the development of automation. In the future, the integration of intelligent digitization and the combination of cloud computing and fog computing will be the main trend. This article aims to provide some reference significance for the research and application of electrical engineering automation technology.

Keywords: automation technology; electrical engineering; PLC control; smart grid; industrial Ethernet

引言

电气工程是当今社会各行各业发展所必需的前提条件, 它包括发、输、配、用整个电力过程。而随着电力系统的日益增大, 新能源的大量接入以及用户的多样化需求, 传统的依靠人工的方式及分散式的管理模式已经不能适应时代对于电力系统安全可靠、经济合理以及灵活的需求。而应用自动化的手段可以使电气设备具有自我监测的能力、自主做出决定并进行相应操作以及自我修复的功能, 进而提高整个系统的性能。电力系统是现代社会正常运转不可或缺的一部分, 因此保证其安全、可靠和平稳地运行是非常重要的。本文主要讨论自动化技术在电气工

程领域的应用情况, 总结其应用领域、关键技术、存在问题及未来发展方向等, 希望对相关工作起到一定参考作用。

1 自动化技术概述

自动化是基于控制理论, 在电子技术、计算机技术和通信技术的基础上发展起来的一门使机器、装置等自动进行工作的技术。它的重要意义在于减轻人的劳动强度、提高工作效率、保证工作安全可靠。而从时间上看, 自动化也有三个时期。20 世纪中期之前是电气自动化时代, 是以继电器、接触器为主要元件来完成简单顺序控制及逻辑控制, 但是这种控制系统不够灵活且容易出现问题。20

世纪 60 年代到 80 年代是电子与计算机控制系统时代,由于可编程逻辑控制器以及微型计算机出现使得控制系统的稳定性和可编程大大增强。20 世纪 90 年代至今是网络化与智能化时代,现场总线、工业以太网以及人工智能的发展使得控制系统更加分布化、开放化、智能化。按技术分类,自动化技术主要包括以下几个方面:可编程逻辑控制技术,用于开关量逻辑控制和顺序控制;集散控制技术,用于复杂工业过程的分散控制与集中管理;运动控制技术,针对伺服电机、机器人等的位置及速度控制;现场总线与工业网络技术,实现设备之间信息共享。

2 自动化技术在电气工程中的核心应用领域

2.1 电力系统自动化

电力系统包括发、输、配、用四个部分,而自动化是其重要组成部分,在发电方面,自动化的应用在于机组启动停止、励磁调整、有功无功分配以及并网同期控制等方面。火电厂的协调控制系统实现了锅炉、汽轮机、发电机三者之间的协调控制,水电厂的自动化系统根据水位及负荷的变化进行相应的出力调整,新能源电厂的自动化系统解决了风能、太阳能等可再生能源的间歇性问题。在变电方面,变电站综合自动化系统把继电保护、测量控制、远动通信等融为一体,可以实现远方对电气设备进行监视和操作。智能变电站使用 IEC61850 协议,利用合并单元及智能终端实现采样值以及开关量数字化传输,不再需要使用传统电缆进行连接,在配电方面,配电网自动化包括馈线自动化、配电管理系统、用户侧自动化等,馈线自动化是利用分段器和重合器完成故障定位和隔离,而配电管理系统是对配电网进行在线监测并优化运行方式,在调度上,电网调度自动化从数据采集与监视控制发展到智能化调度。主要围绕电力系统中电气工程与自动化技术相结合及其应用展开论述,介绍了这一结合所包含的技术内容,包括电气工程基本原理如电磁兼容设计、电力电子拓扑优化等,自动化技术结构如分层分布式控制、数字孪生仿真等,关键技术如 AI 调度算法、5G+TSN 等。

2.2 工业电气自动化控制

工业领域是电气自动化技术应用最广泛的场所,在制造车间内,自动化控制系统指挥各个工位上的物料运送、加工装配以及检验工作,由预先编好的程序代替人的劳动,在提高生产节奏的同时减少人因错误的发生率,在冶金、化工等行业的大功率电动机、泵阀、传动装置开停及调节上都需要有自动化的装置来进行控制,以便保证生产的顺利进行以及安全。另外,电气自动化也被大量用于起吊搬运、食品加工、纺织印染等领域,利用变频调速、软起动、

智能化防护等功能节约能源消耗并保护设备。

2.3 新能源发电自动化

新能源发电的间歇性和不确定性给自动化带来新的挑战。在光伏发电系统上,自动跟踪技术使光伏板时刻朝向太阳,提高发电量;最大功率点跟踪算法不断调整工作点,让系统处于最大功率工作状态;并网逆变器的自动控制完成从直流到交流的能量转换,并且具有孤岛检测以及低电压穿越等功能。在风电场中,变桨距控制系统根据风速变化改变叶片的角度从而得到额定功率输出,偏航控制系统自动对风使风车迎风,机组整体控制系统完成启动、并网、解列等工作。在储能系统中,电池管理系统对每个电池单元电压、温度、电流等进行监控并使各个电池单元荷电状态一致;而能量管理系统根据电网要求以及负载情况决定充电或者放电。

3 自动化技术应用的 key 技术支撑

3.1 可编程逻辑控制器 (PLC) 技术

可编程逻辑控制器是一种专为工业应用而设计的数字运算操作电子设备。PLC 主要用来实现对机械设备或者生产流程进行控制如启动、停止、速度调节、计数、定时以及各种逻辑运算功能等。它的主要组成部分是中央处理器 (CPU) 用于接收输入信号、进行逻辑计算并发出相应控制信号,PLC 具有稳定可靠、抗干扰性能好、方便编程与扩展的特点。在电力行业中,PLC 被大量用于各类电器设备的顺序控制、连锁保护、测量等功能上,在变电站中可以用于完成断路器与隔离开关的操作闭锁逻辑判断,避免发生错误操作。在电厂中,PLC 完成辅机系统自动启停、阀门控制以及监视等工作。而随着工业 4.0 的到来,PLC 需与工业物联网、大数据分析等结合,提升自身智能化程度。

3.2 分布式控制系统 (DCS) 技术

分布式控制系统是为适应复杂的工业过程控制要求而产生的系统结构,DCS 用于实现对复杂生产工艺过程的分散控制,以提高生产效率及安全性,其主要由分布在各处的小型计算机及其之间的通信网络组成,可以对各个控制部分进行监视并协调工作。DCS 的优点有可靠、模块化、易扩充及维修方便等,不同于 PLC 的一台机器的应用,DCS 注重整个控制系统是一个分级分布式的系统。操作员站、工程师站、现场控制站之间用高速网络相连,实现危险分散而功能集中的目的,在大中型火力发电厂中,DCS 负责全厂包括锅炉、汽轮机、电气等方面的控制工作,起到一个整体的作用。由于生产工艺越来越复杂,对 DCS 集成度、智能化要求也越来越高。

表 1 常见现场总线与工业以太网协议对比

协议名称	类型	通信速率	典型应用场景	主要特点
ProfibusDP	现场总线	最高 12Mbps	工厂自动化	应用广泛, 成熟稳定
ModbusRTU	现场总线	最高 115.2kbps	设备互联	简单开放, 兼容性好
CAN 总线	现场总线	最高 1Mbps	汽车、小型控制	抗干扰能力强
Profinet	工业以太网	100Mbps 起	10/100Mbps	实时性强, 集成度高
EtherCAT	工业以太网	100Mbps 起	运动控制	刷新周期极短
ModbusTCP	工业以太网	10/100Mbps	设备互联	简单开放, 易于集成

3.3 现场总线与工业以太网通信技术

通信网络是自动化系统的神经系统, 将控制器、传感器、执行器等现场设备进行连接。而现场总线主要是用于现场设备之间相互传递信息, 提高生产过程自动化水平。工业以太网则是用来实现工业设备之间高速通信, 提高生产过程智能化以及网络化水平。而在电气工程领域, 现场总线解决传统硬接线方式布线麻烦、信息量小的问题。工业以太网因为其具有速度快、稳定性强、可扩充性强的优点而逐渐取代工业通信领域中的现场总线的地位。工业以太网是以太网的一种应用, 在工业自动化、机器人、生产线等领域发挥着重要作用。工业以太网需在充满干扰、高温等恶劣环境中正常工作, 在此对各种现场总线以及工业以太网协议进行比较分析, 如表 1 所示。

3.4 技术融合趋势

现代电气工程自动化系统已经不是一种技术的应用, 而是一种 PLC、DCS、现场总线、工业以太网等众多技术的结合体。如智能变电站中, 间隔层由 PLC 或者专用保护测控装置完成就地控制, 站控层通过工业以太网将整个变电站的数据汇总在一起, 而远方调度中心再通过通信网络对其进行监视。这就是一种分层分布式的方法, 充分利用各种技术的优点来构成一个整体的自动化方案。

4 自动化技术应用面临的主要问题

4.1 技术集成与系统兼容性难题

电气工程自动化包含各种不同类型的技术以及不同品牌的设备, 在不同的厂家中所使用的控制器、通信规约、数据格式均有所不同, 造成系统的融合困难。而在变电站自动化项目中, 保护装置、测控装置、智能终端等可能会由不同的厂家提供, 虽然符合 IEC61850 的要求, 但是在实际应用上依然会遇到模型映射的问题以及相互之间的配合问题。另外对于一些旧设备进行更新换代, 需要将现有的旧系统与新的系统进行连接, 其技术难度较大并且风险也较高。

4.2 网络安全防护能力不足

自动化系统网络化程度越高, 面临的安全风险也就越大。变电站监控系统、配电自动化主站、发电厂分散控制

系统受到网络攻击, 会造成大面积停电事故或设备损毁等严重后果。近年来, 对电力行业的勒索软件以及 APT 攻击事件层出不穷, 表明工业控制系统在身份鉴别、访问控制、安全审计等方面存在诸多不足之处。如何在开放互联与安全隔离之间找到一个有效的折衷方案, 是自动化技术应用所要面对的一个问题。

4.3 专业技术人才短缺

IT/OT 融合面临严重的人才缺口问题, 行业内对于跨学科人才的需求远大于供给。在 IT 与 OT 快速融合的趋势下, 自动化工程师仅仅了解 PLC 和 SCADA 是远远不够的, 还需要掌握网络安全、数据分析及 IT 基础设施建设的相关知识^[1]。而在目前的高校教育中, 电气工程、自动化、计算机等专业的人才培养基本都是单独进行, 缺乏跨领域的复合型人才供给。企业的内部培训机制欠缺, 一线的技术人员的知识不能及时更新以适应新技术的发展需求, 从而影响先进的自动化技术的应用。

5 自动化技术的发展趋势与优化对策

5.1 智能化与数字化深度融合

自动化技术从以程序为基础的自动化发展到以数据为驱动的智能。而在电气工程方面, 数字孪生技术建立设备或系统虚拟模型, 使实物和其对应的虚拟模型之间可以进行实时互动并相互影响, 从而用于状态监测、故障预警、控制优化等方面。而加入人工智能算法之后, 电力负荷预测、新能源功率预测、设备故障诊断等工作都可以具有自我学习及自我调整的能力^[2]。人工智能与数字电网结合所产出的新事物, 例如: 电力大模型、电力专用芯片等, 也体现了人工智能对于负荷预测、故障诊断、碳排放等的贡献。

5.2 云平台与边缘计算拓展

传统的自动化系统是集中式的, 所有的数据汇总到中心处理器或者监控主机上, 存在单点故障以及反应迟缓的问题, 而边缘计算把一部分计算任务下放到距离数据最近的地方进行计算和做出决定^[3]。对于配电网的自动化而言, 智能终端本地完成故障检测及切除操作, 只需将重要信息上传到主站即可大大减少停电时间。电力电子设备是边缘

智能节点,在新能源、储能、充电等多个方面都起着举足轻重的作用,有采样、计算、存储、通信等功能,从而可以实现智能化。云平台主要做整体优化、跨域合作、数据分析等工作,形成云边协同的系统。

5.3 优化对策建议

对于上述问题,可以从以下几个方面进行改进:一是健全相关技术标准及规范,提高各厂家之间产品互通性,简化系统集成工作量;二是提升信息安全防护能力,在设备层、网络层、数据层以及应用层面构建全方位安全防护措施;三是促进高校与企业联合培养交叉学科人才,完善课程设置,增加有关 IT/OT 融合、工业网络安全等内容;四是引导企业内部开展培训活动,利用实际案例、技术分享、线上学习等形式让员工掌握新知识。

6 结语

自动化技术已经成为电气工程的重要组成部分。本文对电力系统自动化、工业电气控制以及新能源发电自动化三个方面介绍了自动化技术的发展状况,在此基础上介绍了 PLC、DCS 及工业网络等关键技术的特点,同时指出

现存的技术融合不足、安全问题严重以及人才匮乏等问题。目前来看,PLC 自动控制技术已经广泛应用于电力系统各个层面,促进了电力系统电气工程自动化技术的进步与发展。未来,伴随着智能化和数字化进一步加深,以及云计算和边缘计算的不断扩展,自动化技术将会达到新的高度。在电气工程中要抓住技术创新契机,加快标准建设,加强安全防护,重视人才培养,使自动化由单纯自动执行到智能化决策转变,从而保障国家拥有安全、可靠、环保电力供应。

[参考文献]

- [1]杨玉庭.论电气工程自动化技术在电气工程中的应用[J].全面腐蚀控制,2024,38(4):72-74.
- [2]续霞.电气工程及其自动化的智能化技术应用研究[J].自动化应用,2024,65(1):267-269.
- [3]黄祺欣.基于 PLC 控制技术的电气自动化控制系统优化研究[J].自动化应用,2024,65(1):152-154.

作者简介:郑子峰(1993—),男,汉族,天津人,本科,天津理工大学中环信息学院,研究方向为电气工程。