

智能化技术在电气安装与调试中的应用

丛 伟

世源科技工程有限公司, 北京 100080

[摘要]智能化技术正在对电气安装、调试的传统作业方式产生深刻的影响。目前电气工程施工规模增大、系统复杂程度提高, 施工精度、调试效率、安全控制的要求也越来越高。BIM 技术、物联网传感、自动化控制和云平台等智能化手段的使用, 可以很好地解决传统作业中定位不准、电缆敷设损伤率高、调试数据管理混乱等问题。系统整理出智能化技术在电气安装及调试各个阶段的使用途径, 剖析出标准体系不完备、人才缺乏等现实问题并给出相应对策, 对电气工程朝数字化、智能化方向前进有着积极的意义。智能化技术融合得更深, 电气工程建设质量、运行可靠性就越高。

[关键词]智能化技术; 电气安装; 电气调试

DOI: 10.33142/ect.v4i5.19762

中图分类号: TM921.5

文献标识码: A

Application of Intelligent Technology in Electrical Installation and Debugging

CONG Wei

Shiyuan Technology Engineering Co., Ltd., Beijing, 100080, China

Abstract: Intelligent technology is having a profound impact on traditional methods of electrical installation and commissioning. At present, the scale of electrical engineering construction has increased, the complexity of the system has increased, and the requirements for construction accuracy, debugging efficiency, and safety control are also becoming higher and higher. The use of intelligent means such as BIM technology, Internet of Things sensing, automation control, and cloud platforms can effectively solve problems such as inaccurate positioning, high cable laying damage rate, and chaotic debugging data management in traditional operations. The system has sorted out the ways in which intelligent technology is used in various stages of electrical installation and commissioning, analyzed the practical problems such as incomplete standard system and lack of talent, and provided corresponding countermeasures, which has positive significance for electrical engineering to move towards digitalization and intelligence. The deeper the integration of intelligent technology, the higher the construction quality and operational reliability of electrical engineering.

Keywords: intelligent technology; electrical installation; electrical commissioning

引言

伴随着智能电网的不断推进以及电力系统规模的日益增大, 电气安装、调试工程也遇到了前所未有的难题。传统的施工方式依靠人工的经验, 在设备定位、电缆敷设、系统调试等环节存在着效率低、误差大、数据追溯难等状况。建筑信息模型、物联网、人工智能等智能化技术迅猛发展, 给电气工程施工赋予了新的技术途径。近些年来, 学术界以及工程界对于智能化技术在电气工程中的应用展开过诸多研究。有学者认为智能化设备在施工调试过程中会遇到兼容性以及远期冗余扩展的问题, 必须依靠改善施工机制、加强抗干扰手段来加以解决。三维牵引技术借助动态路径规划和多传感器协同控制来改善电缆敷设施工精度, 电缆损伤率也会出现一定程度的降低。调试阶段

利用云平台的自动测试系统完成多工作站协同测试, 很好地解决了传统测试中工作站点多、交互复杂等问题。但是智能化技术在电气工程中的应用还处在探索阶段, 技术标准不统一、人才储备不足、数据安全隐患等都阻碍着它的大规模推广。因此, 本文主要从电气安装和调试两个方面入手, 对电气工程智能化技术具体的应用场景、存在的主要问题以及改进措施进行系统的分析, 从而给电气工程的智能化转型提供一些参考。

1 智能化技术在电气工程中的应用价值

智能化技术就是将人工智能、物联网、大数据、自动控制等前沿技术融入系统之中, 使系统具备感知、分析、决策、执行的能力。在电气工程中, 智能技术的融入正在重新塑造传统的安装调试方式。从施工效率上看, 智能化

技术明显缩短了工期。利用 BIM 进行碰撞检测、路径优化等,在施工前可以发现设计冲突,防止返工。智能电缆敷设系统依靠对牵引力的实时监测,减小电缆损伤,降低材料损耗。就质量控制而言,智能传感器以及图像识别技术可以对施工过程进行实时监测,并且将所得数据同标准参数加以比较,从而达成对质量问题的即时预警。从安全保障角度来讲,在电缆沟等狭窄空间作业时,智能监测系统可以及时获取环境信息,对未知的故障做出预测并发出预警,从而降低人员的安全风险。除此之外,智能化技术对电气调试环节的价值是无法被取代的。传统的调试依靠人工逐项测试,耗时长而且容易出错。调试机器人可以代替人工在核电站等高危环境中进行电气试验,使调试、试验和数据上传三者一体化。远程调试技术利用云平台,使技术人员不必到场就可以完成参数整定和故障排查,大大提高了响应速度。

2 电气安装中的智能化关键技术应用

2.1 基于 BIM 的电气设备智能定位与布线

建筑信息模型技术给电气安装带来了由二维图纸到三维数字模型的转变。BIM 模型把电气设备的几何尺寸、空间位置、技术参数等信息全部纳入其中,给设备定位、管线综合排布赋予准确的参照。大型建设项目的机电管线密集、走向复杂,在地下管廊内施工人员很难判断方向,造成施工及后期维修效率低。BIM 地图施工导航系统把 BIM 模型同定位技术融合起来,给施工人员赋予了可视化的导航,较好地解决了方位辨识的难题。施工人员在设备定位时使用移动终端查看 BIM 模型中设备的坐标,用增强现实技术把虚拟模型叠加到真实的场景上,达到毫米级的精确度安装。BIM 技术可以对各个专业的管线进行碰撞检测,并且可以自动生成最佳的管线布线路径。相比于传统的模式而言,依靠 BIM 技术所形成的布线方案,管线交叉、空间冲突的情况得到改善,电缆敷设更加合理。BIM 模型承载的设计数据可以立即导出到智能敷设设备上,从而达成设计到施工的无缝对接。

2.2 电缆敷设过程的智能监测与控制

电缆敷设属于电气安装的重要环节,传统的牵引方式不能达到高精度、低损伤的目的。智能监测技术的应用,使得电缆敷设过程由原来的依赖人工控制变为现在的智能控制。智能电缆敷设系统中装有拉力传感器、角度传感器、位移传感器等,可以对牵引力、弯曲半径、敷设速度等进行实时采集。当检测到牵引力超限或者弯曲半径过小时,系统发出警报并改变牵引方式。三维牵引技术依靠动

态路径规划以及多传感器共同控制,在复杂地形情况下明显改善了敷设精确度。电缆沟等狭窄空间作业环境复杂,传统的监测手段不能实现全方位的覆盖。基于复合光线的智能监测系统是由数据监测层、数据处理层、大数据云平台层组成,使用光学技术对电缆沟内信息进行采集并传送到后台系统进行处理分析,可以实时感知电缆运行状况,对未知故障做出预估,给电缆的安全运行赋予技术支撑。

2.3 配电系统智能化安装与调试衔接

配电系统安装质量的好坏会直接影响到后面调试的效率以及运行的可靠性。智能技术应用到安装、调试环节之后,两者之间衔接更方便。在居配电力工程中,由于配电变压器安装、开关柜调试、智能计量系统布置等重要环节采用技术创新的方式,使施工效率和供电可靠性得到明显的提高^[1]。配电设备安装时,智能安装系统用激光测距、自动校准装置保证开关柜、变压器等设备位置精度、水平度。安装完成之后系统就会生成安装质量报告并上传到调试管理平台。调试人员不需要再做重复的测量工作,可以直接根据安装数据来设定参数,从而大大缩短了调试的准备工作时间。配电系统智能化安装的又一重要特点就是全过程可追溯。每一个安装节点的操作人员、时间以及检测数据都被存入云端,从而产生出一份完整的安装档案。调试过程中出现异常的时候,可以迅速地找到安装过程中的问题原因。

3 电气调试中的智能化关键技术应用

3.1 自动化调试系统构建与实施

自动化调试系统就是智能化技术在电气调试中最重要的表现。该系统采用可编程逻辑控制器作为核心,用组态软件和智能仪表来完成电气参数的自动检测、分析以及记录。核电站等特殊环境下的交流配电装置电气试验工作量大,试验时间长,数据大多以纸质记录和电子文件的形式保存,存在工作效率低、数据混乱、丢失等现象。调试机器人软件系统的设计实现,给试验人员提供一个简单易用的图形化界面,可以完成电气试验工作,并且支持机器人控制以及数据传输。该系统可以实现调试、试验、数据上传的全过程一体化操作,提高了电气试验的效率,避免了由于设备故障或者人为操作失误而造成的危险^[2]。自动化调试系统的优势在于标准化。预设的调试流程使得每一个测试项目都按照同样的标准进行,从而消除人工操作的主观性。系统自动生成的调试报告格式规范、数据完整,有利于质量审核以及问题追溯。

3.2 智能检测与精准故障诊断

随着电气设备种类、数量的增多，给电力系统的稳定运行造成很大困难。采用 PLC 和组态技术来建立电气设备运行状态监测系统，从而达到提高故障检测准确性、及时性的目的。智能检测技术的中心就是多源信息融合。系统将各个传感器、监测设备以及历史数据进行综合整理，从而得到一个包含全部信息的设备运行状况画像。一旦发生异常情况，系统就会立刻和故障库进行匹配，从而找到故障的位置以及引起故障的原因。智能化定值校核技术是继电保护领域里解决复杂运行工况下传统校核方法效率低、精度不够的一种技术。采用多源信息融合技术以及改进果蝇算法的保护装置定值自动校核技术，利用动态调整步长的方法对步长参数和收敛因子进行自适应整定，有效地提高了全局搜索能力以及收敛精度，校核效率和准确率均达到 99%以上。

3.3 远程调试与云平台在线协同

由于配电自动化主站系统规模的不断扩大，工作站的数量也随之增加。在测试过程中，怎样快速有效地搭建多工作站测试场景，并且实现多工作站同时在线交互，成了测试中的难点。基于云平台的配网多工作站自动测试系统，利用配电自动化主站服务端与之进行通信，使配网业务功能得以展示，人机系统得以交互。远程调试技术最根本的价值就是冲破时空限制。调试人员不必到现场，通过云平台就可以远程对现场设备进行运行状态观察、参数设置修改和测试命令下发。云平台可以多人同时进行调试，不同的技术人员可以一起在同一个平台上进行调试工作，提高了问题解决的速度。远程调试可以解决由于专家人数少造成的难题。现场发生复杂故障时，可以马上联系远程专家进行诊断指导，大大缩短了故障处理的时间。云平台历史数据存储功能给后面故障分析、系统改进赋予了数据根基。

3.4 调试数据的智能分析与参数优化

调试过程中产生的大量的数据，里面包含着系统运行的规律以及优化的空间。智能化数据分析技术对调试数据进行分析之后，可以给参数优化以及运行决策给予支撑。

调试数据智能分析在实际工程中已经取得较好的效

果。使用智能优化算法对调试参数进行优化之后，系统响应时间变短、运行稳定性提高。机器学习算法根据历史调试数据来学习参数之间的关系，给新设备参数整定提供智能推荐，减少对人工经验的依赖。数字化变电检修技术的发展也是由于数据分析技术的进步而产生的。传统的变电检修依靠人工巡检、定期检查，存在效率低、容易出错的缺点。数字化技术的运用依靠精准的数据采集和大数据分析，可以对设备运行状况实施实时监测，对潜在的故障作出预估，并且可以改善检修计划。

4 智能化技术应用面临的关键问题

4.1 技术标准与规范体系不完善

智能化技术在电气工程中应用还处在发展的初期阶段，相关的技术标准、规范体系还不健全。不同的厂商所生产的智能设备使用不同的数据格式和通信协议，造成设备之间不能互相连接^[3]。BIM 软件和智能施工设备之间没有统一的数据接口，设计模型中的数据不能被施工设备完全解析和使用。标准缺失还会造成质量验收的困难。传统的施工质量验收规范主要是对人工操作进行规定，对于智能敷设、机器人调试等新工艺没有相应的质量评定标准。监理单位、验收机构由于缺少判断标准而不能作出正确的评价。

4.2 系统兼容性与数据安全风险

智能化系统包含感知层、传输层、平台层以及应用层等诸多层次，各个层次之间的兼容性问题时常会出现。老旧电气设备的通信接口不能满足智能化改造的要求，需要增加转换装置，使系统变得复杂化、可靠性降低。不同厂家的设备之间配合出现问题，在实际工程当中也时有发生。通信中断、数据丢失、控制指令延迟等问题也时有发生。数据安全属于智能化应用的又一重要风险。调试数据、运行参数、设备台账等属于工程重要信息，一旦泄露或者被篡改，都会造成严重的后果。目前很多智能施工设备使用无线网络传输数据，加密措施不健全，存在被截获、破解的危险。云平台集中存储大量的工程数据，云平台的安全防护水平直接决定所有的项目是否安全。

4.3 专业技术人才结构性短缺

智能化技术的推广使用给从业人员知识结构提出了

表 1 调试数据类型与智能分析方法对照

数据类型	数据来源	分析方法	优化目标
实时运行数据	智能仪表、传感器	阈值判断、趋势分析	异常预警、参数动态调整
历史调试数据	数据库、调试日志	回归分析、聚类分析	参数推荐、模式识别
故障录波数据	保护装置、故障记录仪	波形识别、专家系统	故障溯源、定值优化
设备参数数据	设备台账、技术手册	关联规则、决策树	参数整定、配置优化

新的要求。传统电气工程师熟悉电路原理和电气设备,但是缺少编程、数据分析、网络通信等方面的技能。智能设备的操作与维护牵涉到多学科的知识,因此具有这种能力的人才在市场上的需求量大。人才短缺问题在不同层级表现得各不相同。管理层没有对智能化技术有认识,也没有制定出相应的战略规划,造成智能化投入的效果不好;执行层没有智能设备的操作、维护技能,设备的效能不能得到充分发挥;开发层缺少掌握核心技术的人才,自主创新能力难以提高。

5 提升智能化技术应用效果的主要对策

5.1 完善智能化施工技术标准体系

就技术标准缺失的问题来说,应该从国家、行业、企业这三个方面一起推进标准体系的建立。国家层面应当尽快制订智能化电气施工的基础通用标准,对术语定义、分类编码、数据格式等基本内容做出规定。行业层面要根据各个专业领域的特点来制订相应的施工工艺标准和质量验收规范。企业层面要依照国家和行业标准,在实际的基础上制订内部操作规程和技术手册。标准的制定要重视可操作性以及前瞻性。可操作性要求标准条款要能够被一线人员所理解、执行,不能太理论化。前瞻性要求标准可以容纳技术进步,留有扩展的空间。积极参加国际标准的制订工作,在智能电气施工标准方面有更多的发言权。

5.2 构建多层次专业技术培训机制

解决人才短缺问题要建立系统地培养人才的体系。从高等教育的角度来说,电气工程专业应该增加有关智能化技术的课程,把编程、数据处理、通信技术作为必修课的内容,培养出具有跨学科能力的新型电气工程师。在职业教育上要创建智能化施工设备操作培训课程,利用仿真训练平台加强一线人员的实操水平。企业内部要创建起常态化的培训体系,根据各个岗位的特点制订出个性化的培训计划。对管理人员进行智能化技术应用趋势、战略规划培训,提高决策能力。对技术人员进行设备操作、日常维护培训,保证设备正常运转。选拔骨干人员到高阶技术培训班去学习,培养起一批内部的专家。校企合作也是有效的人才培养途径,以共建实训基地的形式达到人才培养与岗位需求的对接。

5.3 推进信息平台集成与安全防护建设

针对系统兼容性问题,应推进统一信息平台的建设。该平台应该有设备接入管理、数据格式转换、协议适配等功能,使不同厂商的设备可以互相连接。平台应该具有模块化结构,方便新的设备加入以及旧的设备更换。数据安全上要创建起全生命周期的安全防护体系。传输环节采用加密通信的方式,保证数据不能被截取、被篡改。存储环节实行分级权限控制,只给授权人员开放敏感数据的访问权限。应用环节创建操作日志审计系统,所有的数据操作行为可以被追踪。定期对安全进行评估以及渗透测试,发现并修复安全漏洞。制定数据安全应急预案,在安全事件发生的时候可以迅速做出反应并恢复。

6 结语

智能化技术在电气安装和调试中应用之后,电气工程由原来的劳动密集型转变为技术密集型。BIM 技术可以提高设备的定位精度、布线精度,智能监测系统保证电缆的敷设质量,自动化调试、远程协同技术提高调试效率,数据智能分析给参数的优化提供科学的依据。综合使用这些技术可以很好地解决传统施工方式的各种问题。但是智能化技术的应用还存在着标准缺乏、兼容性差、人才缺乏等现实问题。从完善标准体系、建立培训机制、建设平台等各方面入手,才能使智能化技术由点到面全面融入教育教学中去。伴随着新一代信息技术的不断进步,智能化技术在电气工程中所起的作用也会越来越大。智能感知、自主决策、协同控制等高级功能会越来越普遍地被用在电气安装和调试上,给电气工程的高质量发展提供新的动力。

[参考文献]

- [1]张祥文.智能化建筑工程中的电气施工优化策略分析[J].集成电路应用,2024,41(1):118-119.
- [2]张继伟.基于 PLC 与组态技术的电气设备异常运行状态检测方法[J].自动化与仪器仪表,2024(1):214-217.
- [3]何意祥.电力工程电缆敷设施工中三维牵引技术研析[J].电力设备管理,2025(24):238-240.

作者简介:丛伟(1989—),男,毕业于国家开放大学,就职于世源科技工程有限公司,从事工程管理工作。