

Research on Human-machine Collaborative Operation Mode and Safety Control in Distribution Operation and Maintenance

Junyi Ma Xiangzan Meng Zengxin Chen Xuan Meng Xiangrui Song

Jining Guangming Electric Power Service Co., Ltd., Jining, Shandong, 272000, China

Abstract

With the intelligent upgrading of power system, the human-machine collaborative distribution operation and maintenance mode shoulders the major task of optimizing operation efficiency and reducing labor intensity. At the same time, it also has higher theoretical and application requirements for power safety management. Therefore, relevant personnel need to take the key requirements of power operation and maintenance as the starting point, focus on the two key areas of human-machine cooperative operation mode and safety management and control, deeply analyze the human-machine division of labor, process optimization, personnel matching, technical support, etc., and study the management and control logic of risk classification, process management and control, equipment protection, personnel management and emergency treatment, and clarify the important role of the two system construction, so as to enrich the existing human-machine cooperative operation mode and safety management and control framework, and lay a foundation for improving the standardization, safety and efficiency of power distribution operation and maintenance.

Keywords

distribution operation and maintenance; human-machine collaboration; operation mode; security control

配电运维中的人机协同作业模式与安全管控研究

马骏一 孟祥赞 陈增新 孟璇 宋祥瑞

济宁市光明电力服务有限责任公司, 中国·山东 济宁 272000

摘要

随着电力系统智能化升级, 人机协作的配电运维模式肩负着优化运行效率、降低劳动强度的重大任务, 同时也对电力安全管理有更高的理论和应用需求。为此, 相关人员需要以电力运行维护的关键要求为出发点, 围绕人机协作运行方式和安全管控两个关键领域, 对人机分工、过程优化、人员匹配、技术支撑等进行深度剖析, 并对风险分类、过程管控、设备防护、人员管理和紧急处理等环节的管控逻辑进行研究, 明确两个系统建设的重要作用, 进而丰富现有的人机协同作业模式与安全管控框架, 为提高配电运维的规范性、安全性和高效性奠定基础。

关键词

配电运维; 人机协同; 作业模式; 安全管控

1 引言

配电运维是保证电力稳定运行和供电可靠的重要组成部分, 其作业质量和运行安全性对整个电力系统的效能具有重要影响。随着智能化设备在电力领域的大量运用, 传统的配电运维模式已经很难满足日益增长的配电运维需求, 因此, 基于人机协作的配电运行方式是解决目前配电运维效率低下、运行风险高、人力成本高等问题的重要途径。目前, 配电运维中的人机协同机制已经逐渐普及, 工作人员也要以人机协作运行方式和安全管控作为主线, 切实解决以往存在

的问题, 为实现配电运维质量提升和安全风险防控奠定坚实基础。

2 配电运维人机协同作业模式研究

2.1 做好人机分工优化

基于人员和智能设备的特点, 充分挖掘两者的优点, 使两者之间的精确匹配和有效互补, 从理论上解决了传统维护工作分工不明确、效率不高的问题。人与智能设备有着完全不同的本质特征, 人的优点是拥有敏捷的决策能力、对复杂场景的判定能力和紧急处理的主动能力, 可以很好地处理维护工作中产生的各种不确定性; 而智能设备更善于承担重复性、高强度、高风险、高精度的维护工作, 可以有效地避免人员的疲劳失误, 提高工作的标准化和连贯性。人机分工

【作者简介】马骏一(2003-), 男, 中国山东济宁市人, 助理工程师, 从事配网工程研究。

效能的优化,不是单纯地将工作分解开来,而是根据整个配电运维的需要,充分考虑到各种作业场景的特点,对人员和设备的主要责任和工作进行界定,从而达到优势互补、短板互补的目的。在理论层次上,要以适配性、安全性和高效性为基本准则,充分考虑人员和设备的能力差异,避免将人力无法胜任的高风险工作分配给人员,也避免将具有高度不确定性的工作交由机器承担,从而使人与机器之间的协作效率最大化,降低作业强度与人为失误概率,为实现配电运维中的人机协同作业提供可靠的理论和技术支撑。

2.2 实现协同流程优化

协同流程优化是提高配电网运行人员人机协作效率的重要步骤,其核心在于建立系统、连贯、高效的人机协同作业流程体系,以标准化和规范化为手段,使人和设备实现无缝连接,打破流程断点和协作屏障,在理论水平上保证人机协作工作的顺利进行。目前,配电运维工作流程仍以人工操作设计进行,无法适配人机协同的作业需求,存在流程繁琐、信息传递不畅、协同不流畅等问题,制约了人机协同的优势发挥。基于人机协同作业模式这一关键特征,需要围绕作业前准备、作业中实施和作业后复盘三个关键环节调整工作模式,建立一个闭环式的协作系统。在工作开展前,需要进行任务分解、人机适配规划和风险预判,确定各个部分的工作规范和协作需求,保证人和设备同时开始工作。在工作中需要构建一个实时的信息交互机制,使人员和设备能够进行操作联动,实现状态反馈和信息共享,保证操作流程的协调一致,并对协作中发生的各类偏差及时规避。事后需要进行协同复盘,对过程操作中存在的缺陷进行归纳,对人机分工和协同机制进行优化,实现对过程闭环的优化^[1]。

2.3 落实人员适配优化

人员适配优化是保证人机协同工作模式高效运转的关键,其关键内容是提高操作人员的人机协同素养与能力,达到人与机器的精确匹配,解决人机协同中人员能力不足、适配性不强的问题。随着人机协同作业模式的推广,对运维人员的技能也有了新的需求,运维人员不仅仅是一个操作的执行者,还必须是人机协同的统筹者,和设备的操作者,也要扮演好突发事件处理者的角色,同时要具备专业的维护知识、智能化的设备操作能力和协同配合意识。人员适配优化不只是一个技能训练,而是一种从人员选拔、技能训练、能力评价到工作匹配等多个方面的综合优化机制。为此,人员适配需按照因材施教、人岗相匹配的原理,根据运维员工的知识结构、技能水平和工作需要,对其进行有针对性地训练和引导,着重提高员工的智能设备操作能力、人机协作能力和复杂情景下的决策处理能力。在此基础上,还需要构建科学的能力评估体系,对人员的协同能力水平进行实时把握,并在此基础上对岗位分配,保证各个岗位的员工能够与人机协同作业的需求相匹配,最大限度地发挥人的主动性,使人和设备、流程之间的有效匹配,促进人机协同作业模式的顺

利实施^[2]。

2.4 完善技术支撑优化

面向配电网运行维护的人机协同作业模式的提升与发展,其关键在于建立适配人机协同作业模式要求的技术体系,以实现对人机协同作业模式的有效支撑,解决现有的技术适配不足和支撑能力不足等问题。智能化设备、信息交互平台 and 数据处理技术是实现人机协同作业效能的重要支撑,技术体系的完善程度将直接影响到人机协同作业模式的效率和水平。因此,智能化设备的优化升级是基础,需要根据配电运维的实际需要,对适配各种作业场景的智能化运维设备进行研究,提高设备的智能化水平、可靠性和兼容性,保证设备可以对人的操作指令做出准确的反应,能够高效完成各类运维任务。另外,还要建立人与设备、人与人之间实时信息互通、数据共享的平台,突破信息屏障,保证操作中各种信息的实时传输和反馈,为协同决策提供数据支持。而且,数据处理技术的优化可以提高人机协同作业模式的智能化水平,通过对运维过程中所生成的各种数据进行分析和挖掘,预判运行风险,优化作业流程,提高设备运行的效能。

3 配电运维人机协同作业安全管控研究

3.1 风险分级管控

在人机协作的环境中,存在着因人为失误、人员能力不足等风险,也有设备故障、设备适配性不高等原因引起的问题,还存在流程不规范、环境不适配等其他原因引起的弊端,每一种风险的危害程度、发生概率都有很大的不同。因此,要按照全面识别、科学评估、分级施策、动态管控的基本原理,对所有可能存在的安全隐患进行分类,并构建一份完备的风险清单,保证后续工作在开展期间不会有任何遗漏和死角。然后,根据发生概率、危害程度、影响范围等多个方面,建立一套科学的风险评估指标体系,并对各种风险进行了分类,确定了不同级别的风险防控要点和管控要求。同时,要根据不同级别的风险制定差异化的管控措施,对高等级的风险实行重点管控,调整防控措施并加大管控力度。对于低级别的风险实行常规管控,优化管控流程,注重提高管控效率。此外,还要构建风险动态控制体系,对风险的变化情况进行实时跟踪,并对管控措施进行适时的调整,以保证各种风险都在可控范围,确保人机协同作业的安全性和稳定性。

3.2 作业过程安全管控

对于配电运维人员的人机协同作业,其安全管控的关键是要对整个流程进行标准化和精细化管控,对作业过程中出现的各种安全隐患进行实时预警,并对不规范操作行为进行修正,从而在理论上保证整个运行过程的安全性和规范性。在操作过程中,不管是人为操作失误、设备突发故障,或者是协作不顺畅,都会导致整个作业过程的安全隐患,所以对作业过程进行安全管控,应该在整个生产过程中进行,实现全过程无死角管控。基于人机协同作业模式的作业

特点,对作业过程的安全管控,围绕作业前、作业中和作业后三个关键环节,建立作业流程的闭环控制系统。作业前的管控,主要是要做好安全方面的工作,对作业中的风险与管控要求进行详细交底,同时还要对设备状态与防护措施进行检查,以保证人和设备以及工作环境都能满足安全操作的需要。对作业过程管控的关键在于实时监测与动态管控,建立实时监控机制,对人员与设备的作业状态进行跟踪,对不规范操作行为进行及时纠正,对设备突发异常进行妥善处置,保证了协同作业的有序推进。作业后的管控,主要是要做好安全复盘与现场清理工作,总结作业过程中的安全情况,梳理存在的问题与不足,优化管控措施,还要对工作场地进行清扫,恢复设备正常状态,消除后续安全隐患^[3]。

3.3 设备安全管控

设备安全管控是实现人机协作的重要基础,其关键思想是通过对装备的全生命周期管控,保证设备始终处于良好的运行状态与安全稳定,从理论层面解决由设备因素引发的安全隐患,为人机协同作业提供可靠的装备支持。作为人机协作的关键载体,智能化设备的可靠性和安全性直接影响着人机协同作业的安全水平,若出现故障、设备老化、设备适配性不足,就会导致安全事故的发生,所以,在设备选择、使用、检修和报废的整个生命过程中,都需要对设备进行安全管控。在选择装备时,要充分考虑到配电运维的作业需求和人机协同的特性,选择性能可靠、安全稳定、适配性强的智能化设备,从根源上消除设备安全风险。在设备的运用过程中,要制定出一套标准化的设备操作流程,工作人员要清楚地知道设备操作标准与注意事项,这样才能防止因为不规范操作而造成的设备出现问题。此外,还要对设备进行日常检查,以便能够及时发现设备运行中的异常情况并处理。在设备检修阶段,要将定期检修与专项检修有机地结合起来,按照设备的运行状态与使用年限,制订一套科学的检修计划,对设备进行全面检修与维护,对老化和损坏的零件进行及时的更换,以保证设备始终处于良好的运行状态。在设备报废阶段,要根据有关的规范和程序,对达到报废年限或无法修复的设备,及时予以报废,防止其继续使用引发安全风险。

3.4 人员安全管控

人为因素是造成人机协同作业的一个重要原因,人员

安全意识不强、操作不规范、协同配合不当、应急处置能力不足等都会导致人的安全事故发生。所以,对人的安全管控要以人员的核心特质为基础,建立一个全方位、多层次的控制系统。在人员安全管控方面,需要从培养运维人员的安全意识、提升安全技能、提高操作行为规范三个方面来进行。第一,要加强运维人员的安全意识的培养,并对其进行常态化的安全培训和风险警示教育,让他们能够建立起安全第一、预防为主的安全理念,对人机协同作业的安全风险有一个全面的了解,提高安全防范的主动性与自觉性。第二要提高运维人员的安全技能,并根据人机协同作业的需要,进行针对性的安全技能培训,着重提高员工在设备操作安全技能、协同配合安全技能和应急处置安全技能方面的能力,以保证运维人员能够规范操作设备,高效协同配合,妥善处理突发安全情况。第三要规范运维人员的操作行为,制定规范的操作流程和违章处罚机制,对各种作业的操作标准与安全要求进行了详细的规定,对不规范操作、违章作业的行为进行严肃处理,使运维人员养成规范操作的良好习惯^[4]。

4 结语

综上所述,推广配电运维人机协同作业模式,以及健全安全管控体系,是实现电力智能化发展的必由之路,也是提高配电运行效率和保障运行安全的关键途径。工作人员需要以配电运维中人机协同工作方式和安全管控为中心,实现各项工作的提升和优化,最终形成配电网运行人机协同的理论体系。而且,科学合理的人-机协作工作方式,可以使人和设备各自的优点得到最大限度地利用,提高了配电运维的效能,同时,健全的安全管控系统可以对各种安全隐患进行有效预防,保证了电力工作的安全性。

参考文献

- [1] 崔号.配电运维中的隐患及其应对技术分析[J].集成电路应用,2025,42(09):354-355.
- [2] 黄寅峰.配电系统运维中的智能技术分析[J].集成电路应用,2025,42(04):344-345.
- [3] 宁超.配电自动化技术在配电运维中的应用探析[J].电力设备管理,2024,(21):173-175.
- [4] 朱亚.配电运维中的智能安全管理策略分析[J].集成电路应用,2024,41(10):118-119.