

Operation and Maintenance Strategy for Digital Substations

Zhao Zhang Shaobo Wang

State Grid Jibei Electric Power Co., Ltd. Zhangjiakou Power Supply Company, Zhangjiakou, Hebei, 075000, China

Abstract

With the rapid development of information technology, the digital substation has become an important part of the modern power grid, and its stable operation is crucial to ensure the safe and efficient operation of the power grid. Through the integration of advanced communication, automation and control technology, the digital substation realizes the real-time monitoring, fault warning and remote control of the operation status of the substation equipment, which greatly improves the intelligent level of the power grid. However, the complexity and high integration of digital substations also put forward higher requirements for their operation and maintenance. This paper mainly discusses the characteristics and operation and maintenance strategies of digital substation. Through the optimization and application of these strategies, it aims to improve the overall operation efficiency of the power system and provide useful reference and suggestions for the sustainable development of digital substation.

Keywords

digital substation; operation maintenance; strategy; research

数字化变电站运行维护策略

张钊 王少博

国网冀北电力有限公司张家口供电公司, 中国·河北 张家口 075000

摘要

随着信息技术的飞速发展, 数字化变电站已成为现代电网的重要组成部分, 其稳定运行对于保障电网的安全、高效运行至关重要。数字化变电站通过集成先进的通信、自动化和控制技术, 实现了对变电站设备运行状态的实时监控、故障预警和远程控制, 极大地提升了电网的智能化水平。然而, 数字化变电站的复杂性和高度集成性也对其运行维护提出了更高的要求。论文主要探讨了数字化变电站的特点与运行维护策略, 通过这些策略的优化与应用, 旨在提高电力系统整体运行效能, 为数字化变电站持续发展提供有益参考与建议。

关键词

数字化变电站; 运行维护; 策略; 研究

1 数字化变电站主要特点

从物理层面上讲, 二次网络化设备与一次智能化设备是构成数字化变电站自动化系统的重要组成部分。而从逻辑结构出发, 可以分为“站控层”“间隔层”和“过程层”, 在层次间嵌入网络通信技术, 起到相互联通的作用。其中, 一次智能化设备与电子式互感器在过程层扮演着重要角色, 用以调动与一次设备相关的功能, 包括发送控制指令、采集模拟量、开关量等任务; 间隔层的构成则由连接智能设备的规约转换设备、计量装置、保护装置、对象配置的测控装置等组成, 其职能主要体现在控制间隔闭锁功能、对一次设备实施保护措施等。站控层的工作原理是通过网络技术实时刷新动态信息, 丰富数据库, 汇总全站数据, 并将有意义参数、资讯传送到控制中心或调度, 这涉及按既定协约收集相关参

数、按时登录历史数据库等操作^[1]。通常远程服务器、工程师站、后台监制系统是站控层的组织结构, 当控制中心接收到信息后, 会采取相应指令下发过程层、间隔层落实、执行。

首先, 数据交换是数字化变电站区别于传统变电站的关键点。也就是说, 在新时期背景下, 数字化能够实现数字量快速转换。例如, 信息采集后, 过程层一次设备能够立即将开关量与模拟量向数字量转换, 并上传。这是因为激发了合并器装置在数字化变电站中的职能, 弥补传统变电站在这方面的弊端。其次, 基于数字化程度差异, 导致数字式变电站交流量输出传送方式存在差异化。例如, VQC、运动、监测、计量、测控以及保护等系统都由统一的通讯网络流入或转出, 这涉及统一通讯规约网络的构建, 旨在确保信息状态、电压和接收电流等趋于一致, 促使各个系统间信息利用最大化。最后, 采用点对点联系是另一种数字式变电站交流量输出方式。其原理是利用光纤将其他装置和合并器建立互通关系。减少电缆沟是点对点接入方式的重要优势^[2]。旨在运用尽可能少的光缆实现电缆防火、电缆层要求的降低。与

【作者简介】张钊(1991-), 男, 中国河北衡水人, 硕士, 工程师, 从事变电运维研究。

此同时，对于规模与其他功能的扩展，点对点接入方式展示出卓越性，原有设备无需更换或改造，只要新设备接入即可。

2 数字化变电站运行维护策略

2.1 加大对光纤的巡视和维护力度

可靠性和稳定性是数字化变电站运维的核心内容。在此过程中，实施光纤巡视与维护至关重要，用以促进数字化变电站长效机制的形成。以下对这一措施进行详细说明：

首要任务是全面检查各项设备状态是否正常，包括智能终端熔接盒、保护测控装置、智能端子箱、合并器、电子式互感器等。具体而言，巡视过程中，检查设备连接是否存在松动、脱落或无效连接等情况。对于光纤连接部位的检查，需要注意接头是否有划痕、清洁达标程度等，可以引入显微镜或放大镜精细化管理，避免连接部分无杂质、无氧化现象。伴随时间的推移，连接器与光纤接头松动不可避免，可以借助专用工具定期进行紧固。一般情况下，检查周期为每月一次，涵盖测试各项设备参数，如合并器、电子式互感器等，并形成电子档案，为后续历史数据分析、比对提供依据，通过算法识别设备运行状态，如正常或异常^[1]。

以下对检查网络设备光纤连接状态的具体步骤进行详细说明：为了提高光纤检测的有效性，可以采用逐段检查方法。通过光纤检测仪器的应用，以发现光缆的细微折痕与破损，根据实际情况采取更换或修复方案。与此同时，拉力测试在光缆检查中发挥着不可替代的作用。只有通过拉力测试合格的电缆才能继续工作，避免拉力过大导致断裂，影响光纤信号。除此之外，定期弯曲测试必不可少。这样一来，即使在弯曲状态下也不会对光缆造成负面影响。

高效故障诊断是关键一环，特别是光纤连接部位故障时，可以采用先进性手段逐项排除可疑项。具体而言，检测光纤连接部位采用可视故障定位仪或红光笔，异常光泄漏意味着存在潜在隐患，应立即响应。另外，引入光时域反射仪（OTDR），旨在明确故障部位的衰减情况与点位^[4]。通过热成像检测，连接部分如果过热会被识别出来，进而采用更换或清洁措施。故障诊断包括电气性能测试，主要检查光纤连接部位是否存在断路、短路现象，从根本上确保连接电阻趋于标准化。

2.2 加强对变电站操作票管理

参数设置备份体系的建立是数字化变电站运维工作的基石。以下对这一策略进行详细说明：一方面，合理设置设备关键参数。包括合并单元、过程层设备智能终端以及网络交换机备份等。在预设基础参数的框架下，能够驱动数字化变电站正常运行，可见备份的重要性。全面备份确保一月一次或以上。值得注意的是，备份应强调数据更新同步，如果设备参数发生改动，应立即同步到备份内容，为确保备份数据库完整性、准确性提供保障。与此同时，构建完善的备份体系还有助于紧急情况下快速恢复系统、重置数据。另一方

面，数字化变电站运维工作的关键步骤离不开参数设置版本管理制度的建立^[5]。这一步骤旨在记录详细的备份版本标识，标识内容涵盖变动参数、操作人员、备份时间等。一旦设备参数被修改或异常，版本管理职能就会根据实际情况将其重新定位到特定版本并恢复，防止系统故障增加经济负担。当然，不同备份版本其特点有所不同，参数设置可以在版本管理制度的依托下，反复对比、汲取不同版本经验制定。

在数字化变电站操作票管理中，软压板操作作为一项重要因素，直接影响系统的稳定性与安全性。一方面，软压板编号应与后台操作系统吻合，以验证录入系统的编号与每个间隔的软压板编号一致。这样有利于防止编号混淆造成软压板操作失误，对提升数字化变电站操作票管理效率产生积极作用。另一方面，建立相关制度保障软压板操作票管理至关重要，如软压板操作票管理制度等。这不仅赋予操作可追溯性、透明性，通过分析操作记录，还能够洞察规律与改进空间，及时发现问题并纠正，使软压板操作更高效、安全。

2.3 加强数字化变电站倒闸操作管理

一键式顺控操作是数字化变电站倒闸操作的关键步骤，在此期间，填写操作票是第一步。在准备阶段，必须严格按照要求规范填写操作票，如执行标准化模板，使预期结果与操作步骤流程得到详细记录。执行标准化模板不仅准确、详尽地揭示操作票路径，亦囊括异常情况与所有潜在操作步骤。使数字化变电站倒闸操作一目了然。

以下对具体操作步骤进行详细说明：其一，操作票中的每个步骤都必须确保顺序与逻辑正确且清晰，描述得越具体越好，不得使用模棱两可的语句。举个例子，“开关启动”的描述应为“启动 X 位置 X 机电设备上的 X 开关”。其二，为了提高操作票的应急处理能力，设置紧急处理预案是关键，通过预先设置，详细列出可能存在的潜在风险与对应策略，一旦触发险情，能够快速作出响应^[6]。为了确保预案的可行性、针对性，技术人员可结合设备特点、实践经验进行编制。

这里需要明确一点的是，双机操作是保障操作过程安全、准确的基础。也就是说，监护人员与操作人员处于分离状态，即分别监护、独立操作，使操作流程更可靠、准确。具体而言，每完成一步操作，操作人员将设备状态与操作情况报告给监护人员。收到操作报告后，监护人员对报告描述情况进行核实，最大程度确保设备实际情况与报告相符。如果存在异常，不得继续操作，待明确成因后方能重新开始。

2.4 加强运行、维护人员的相关技能培训

定期培训有助于提高运维人员的专业技能水平。可以从以下几方面入手：

第一，培训内容应具备针对性。首要任务是制定理论知识培训计划，包括应急处理方案、设备操作规范、关键技术以及数字化变电站基本原理等。培训过程中，应遵循“由浅入深”原则，采用模块化、分阶段培训手段展开，实现全

部理论从基本原理到高级操作的蜕变。首先,数字化变电站的工作原理、结构与概念应放在基础阶段,为后续实践操作奠定坚实基础。当人员全面了解基本知识后,进入中级阶段培训。在此期间,主要学习关键技术应用,包括控制与保护系统、智能终端系统、IEC 61850标准等,只有全面掌握核心技巧,操作人员才能更好地开展运维工作。而高级阶段的培训应聚焦在故障诊断技巧与复杂操作系统上,旨在提高操作人员解决问题、知识应用的能力。另外,应组织实地练习与模拟操作,以提高操作人员实战能力。注意,模拟场景应从实际出发,搭建与实际相符的操作环境,有利于操作人员在实践中快速熟悉应急处理步骤与操作流程,不仅巩固了理论知识,对设备操作要点更是了然于心。这一过程涉及虚拟现实(VR)技术的应用。而实地练习讲究的是真实性,即在真实设施、变电站等场所进行,帮助操作人员积累更多实战经验。

第二,构建评估机制与定期考核制度。评估机制与考核制度有助于验证学习成果,为优化培训管理、员工职业规划提供有力依据。一般情况下,实践考核与理论考核是常见考核方式,可以在每一次培训结束后进行,也可以定期进行。进行理论考核时,应辐射到操作规范、关键技术、基础知识等模块。这样有助于明确每一位学员的薄弱环节并加强培训,使整体培训水平达到预期。在实践考核过程中,应着重学员应急处理能力、实际操作能力的考核,考核结果可以与绩效挂钩,以激发操作人员积极性。对于考核成绩不理想人员,给予重新培训或调岗、降级处理。对于成绩优秀人员,应当给予奖励。从根本上激励员工潜能,进而实现整体专业水平提升。

第三,加快经验交流与知识传递。这一步骤需要构建一个完整的知识共享平台,并设置各种模块,包括案例分析、

线上课程、操作手册、培训资料等,突破培训局限性,使运维人员的学习与交流不受时间、空间限制,使培训效果最大化。当然,为了确保培训方案成效,平台内容应持续更新升级,进一步提升资源实用性与时效性。最后,反馈渠道的设立至关重要。可以鼓励学员踊跃发言,分享经验,以增加学员互动、跨部门学习机会。

3 结语

在数字化变电站运行维护管理中,我们提出了对光纤的巡视和维护、优化变电站操作票管理、规范倒闸操作流程以及提升操作人员专业技能等策略,这些措施能够有效提升变电站运行效能、安全稳定性。与此同时,详细分析了数字化变电站特点,从设备实际操作规范、实际需求出发,旨在实现变电站运维管理智能化、自动化,为电力系统长期稳定发展奠定坚实基础。在未来,伴随运维技术不断更新与升级,将推动数字化变电站朝更高效、智能的方向迈进,为电力系统的安全运行和可持续发展贡献更多力量。

参考文献

- [1] 贺路航,谷豪,聂晶,等.基于二次回路全域数字化的变电站运维检修安措智能导引技术研究[J].电气时代,2023(10):102-105.
- [2] 张路,王硕,彭琪,等.超高压变电站运行维护风险分析及控制[J].科学与信息化,2022(23):123-125.
- [3] 尹成信.变电站变压器的运行管理与维护策略研究[J].中国科技期刊数据库 工业A,2024(3).
- [4] 梁旭泽.变电站一次设备在线监测的数据诊断及运行维护检修思考[J].中国科技纵横,2022(15):3.
- [5] 张海祥,陈捷冬,吴书哲,等.变电站巡视数字化运维工具研究[J].电力设备管理,2023(24):25-27.
- [6] 李占山.110kV变电站运维风险与预防策略研究[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2022(6):3.