

变电运维中的风险评估与应急响应机制研究

张爽 韩婷 史兆元

国网河南省电力公司郑州供电公司, 河南 郑州 450000

[摘要]随着电力系统的不断发展, 变电站在电力供应中的地位日益重要。然而, 由于设备老化、自然灾害、人为因素等多种因素, 变电站的运维风险逐渐增大。文中通过分析变电运维过程中面临的主要风险, 结合风险评估方法, 提出了一种基于数据分析的风险评估框架, 并建立了应急响应机制。通过对典型案例的分析, 验证了所提出的评估与响应机制的有效性, 为变电运维中的风险管理提供了理论支持和实践指导。

[关键词]变电运维; 风险评估; 应急响应; 电力系统; 数据分析

DOI: 10.33142/hst.v8i4.16086

中图分类号: TM63

文献标识码: A

Research on Risk Assessment and Emergency Response Mechanism in Substation Operation and Maintenance

ZHANG Shuang, HAN Ting, SHI Zhaoyuan

Zhengzhou Power Supply Company of State Grid He'nan Electric Power Company, Zhengzhou, He'nan, 450000, China

Abstract: With the continuous development of the power system, the position of substations in power supply is becoming increasingly important. However, due to various factors such as equipment aging, natural disasters, and human factors, the operational risks of substations are gradually increasing. By analyzing the main risks faced in the process of substation operation and maintenance, and combining risk assessment methods, a data analysis based risk assessment framework is proposed, and an emergency response mechanism is established. Through the analysis of typical cases, the effectiveness of the proposed evaluation and response mechanism has been verified, providing theoretical support and practical guidance for risk management in substation operation and maintenance.

Keywords: substation operation and maintenance; risk assessment; emergency response; power system; data analysis

引言

变电站作为电力系统的核心环节之一, 承担着电能的变换与传输任务。然而, 随着电力负荷的不断增加, 变电运维中潜在的风险逐渐暴露, 如何评估这些风险并有效应对, 是当前电力运维领域亟待解决的问题。近年来, 随着智能化技术的引入, 风险评估方法得到了显著提升, 但在实践中仍面临着不少挑战。本文旨在通过对变电运维中风险因素的分析, 结合先进的应急响应技术, 探索一种更为科学、系统的风险评估与应急响应机制, 以提升变电站的安全性和可靠性。

1 风险评估理论与方法

1.1 风险评估概述

风险评估是对可能发生的潜在风险进行识别、分析和评估的过程, 目的是预测风险对系统、设备、人员等可能造成的影响, 并为风险控制和管理提供决策依据。它的重要性体现在通过科学的方法提前识别和分析风险, 有助于制定有效的预防和应对策略, 减少事故发生率和损失, 确保系统安全、可靠地运行^[1]。

随着科技的发展, 风险评估方法逐渐从传统的经验判断转向更加系统化和定量化的分析方法。早期的风险评估主要依赖人工判断和专家经验, 存在主观性较强的问题。近年来, 随着计算机技术和统计学方法的进步, 定量评估

方法逐渐成为主流, 如蒙特卡洛模拟、层次分析法(AHP)等, 这些方法可以更准确地量化风险, 提升评估结果的客观性与可操作性。

1.2 变电运维中的主要风险类型

电力设备故障是变电运维中最常见的风险类型, 包括设备过载、短路、绝缘老化等。设备故障可能引发电力中断、设备损坏甚至火灾等严重后果。自然灾害, 如雷击、洪水、地震等, 会对变电站的设备和设施造成极大破坏, 影响电力供应的稳定性和安全性。人为操作失误和管理漏洞也是变电站运行中的重要风险因素。操作人员的失误、管理制度不完善以及维护不及时, 都会导致设备故障甚至大规模事故。

1.3 风险评估方法

定性评估方法主要通过专家经验、直觉判断和问卷调查等方式对风险进行描述和分类。定量评估则通过数学模型和数据分析, 对风险进行数值化处理, 以量化风险的可能性和影响程度。模糊综合评判法和层次分析法(AHP)是常用的定性与定量结合的评估方法, 模糊综合评判法能处理不确定性较大的风险, AHP通过层次化的决策分析, 帮助评估和优先排序各类风险。随着大数据技术的应用, 数据驱动的风险评估方法逐渐受到关注。通过实时数据采集和分析, 可以实时监控变电站设备的健康状态, 预测潜

在故障并提前制定应对方案。这种方法提高了风险评估的准确性和效率。

2 变电运维中的风险分析

2.1 电气设备故障分析

变电站内的电气设备如变压器、开关设备等,常见的故障类型包括设备过载、短路、绝缘损坏、接触不良等。变压器故障通常表现为油温过高、绕组过热或故障引起的局部放电,可能导致设备失效或火灾。开关设备故障则多由于开关触点损坏、操作不当或电流过载引起的弧光现象,这些故障常常会导致电力中断或设备损坏。母线过电流、配电设备的接地故障以及保护装置的失效也是常见故障类型。这些故障如果没有及时排除,会对电力系统的稳定性和安全性产生严重影响,导致设备故障、人员伤亡及大规模停电等灾难性后果。设备故障的根本原因通常与设备老化、设计缺陷、制造质量以及运行维护管理的不足相关。设备老化是变电站中常见的故障原因,随着设备使用时间的增加,材料疲劳、绝缘损坏等问题逐渐显现。外部环境因素如气候条件、雷击等也会加速设备的老化和故障。运行中的过载、频繁的启停操作以及保护系统的失效也是引发设备故障的重要因素。设备运行环境的恶劣,特别是高温、高湿或粉尘较多的条件,会使得设备的耐用性下降,从而增加故障发生的概率。

2.2 环境与外部因素分析

自然灾害是影响变电站运行安全的重要外部因素。雷击是变电站最常见的自然灾害之一,雷击可能直接损坏变电站设备,或引发电网过电压,对电气设备造成毁灭性损害。此外,洪水、暴风雨、地震等自然灾害也可能破坏变电站的设施,造成设备损坏或导致操作失误,从而影响电力系统的稳定运行。洪水特别对变电站的基础设施如地下电缆、配电设备等构成严重威胁。暴风雨则可能导致电力线路的断裂,设备受损甚至人员伤亡。应对这些自然灾害的预防与快速响应成为提升变电运维风险管理的重要一环。人为因素是另一个重要的外部干扰因素。操作失误、维护不当、管理缺失等都会对变电设备的安全运行产生影响。特别是变电站工作人员在操作设备时的疏忽或错误判断,常常是导致设备损坏或故障发生的直接原因。此外,非工作人员的外部破坏行为如偷盗、破坏等也可能对变电站设备造成严重损害^[2]。

2.3 风险评估模型构建

基于数据的风险预测与评估是当前风险管理中的重要方法。通过实时监控变电设备的运行状态,结合历史数据、设备参数及环境因素,建立数据驱动的风险预测模型,可以对潜在的设备故障进行早期预警。例如,通过对设备的温度、振动、电流等参数的监测,能够预测设备的健康状况和可能的故障风险,从而提前采取维修或更换措施,降低设备故障率。风险评估模型的适用性分析需要考虑变

电站的实际运行情况、设备种类以及环境因素的变化。不同的变电站规模、设备配置以及工作环境会影响评估模型的选择和效果。因此,在模型构建时,需要根据具体的应用场景调整模型参数,并进行多次验证与优化,确保风险评估的准确性和可操作性。通过不断调整和测试,可以识别模型的不足之处,并通过优化算法来提高其性能和适应性。同时,模型需要具备一定的灵活性,以便应对不同突发事件的挑战,实现实时风险评估与动态应急响应,从而更好地支持决策者及时采取最有效的应对措施,降低风险损失。

3 应急响应机制构建

3.1 应急响应机制概述

应急响应是指在突发事件或危急情况下,迅速采取一系列行动来处理和控制事件的过程,其目的是将事件的负面影响降到最低,确保设备安全、人员安全及系统稳定运行。在变电运维中,应急响应机制主要是为应对设备故障、自然灾害或人为干扰等突发情况,确保电力系统的持续稳定运行。应急响应的目标是快速、有效地识别和评估突发风险,采取适当措施应对,并通过合理的资源配置和协调,减少事故带来的损失和影响。应急响应的主要内容包括事件预警、现场应急处置、事故调查与报告、恢复运行等几个环节。首先,在事件发生前,通过对潜在风险的预测和监测,提前发出预警信号,为应急响应的启动提供基础。其次,一旦发生突发事件,相关应急小组会迅速集结并赶赴现场进行处置,包括故障排查、设备隔离、事故修复等工作。事件处理完毕后,还需进行事故调查、恢复工作并总结经验,确保今后类似事件的防范。整个应急响应过程需要遵循统一的流程,确保各项工作高效协同、无缝衔接。

3.2 应急响应策略与措施

针对不同类型的风险,需要制定不同的应急预案。对于设备故障风险,预案应包括快速检修方案、替代设备的启用、备用电源的切换等措施。对于自然灾害(如雷击、洪水等),应急预案则包括设备保护措施提前部署、疏散与转移关键设施、通信与协调的保障等。针对人为因素导致的故障,应急预案应包括操作失误后的紧急恢复程序、对相关责任人员的即时调查及应对措施落实。每个预案都应根据具体风险类型的特点和应急响应的时效性进行合理调整。在应急响应过程中,协调与调度机制是确保各项响应措施有效实施的关键。应急小组应当在事件发生后迅速建立指挥体系,明确责任分工和指挥流程。通过建立健全的沟通渠道,保证现场人员与指挥中心之间的信息畅通,确保各项应急措施能够及时传达并执行。同时,调度机制的核心是合理调配资源,包括人员、设备及物资,确保应急处置过程中各项任务得到优先支持和有效推进^[3]。

3.3 应急响应机制的优化与改进

随着信息化技术的发展,自动化与远程监控在应急响

应中的应用越来越重要。通过引入智能传感器、自动化控制系统和远程监控平台,可以实时监测设备的运行状态,提前识别潜在的风险,快速响应并采取适当措施。此外,远程监控还可以实时传输现场数据,为指挥人员提供准确的决策依据,避免因人为操作失误而延误应急响应的时效性。智能化系统不仅能够降低人为失误的风险,还能够设备出现故障或事故时,通过自动化程序进行初步处理,减少应急响应的反应时间,提高效率。

应急响应能力的提升需要通过定期的应急演练进行检验与改进。通过模拟各种突发事件,测试应急响应团队的协作能力和应急处置的效率,帮助团队发现问题并进行改进。演练不仅限于故障恢复,也应涵盖事故调查、人员疏散等环节。不断优化应急响应演练内容和方式,可以提升应急响应团队的实战能力,使得变电站能够在实际事件中快速、高效地处理各种风险与突发情况。应急演练要紧贴实际生产条件,注重全员参与,特别是对关键岗位人员的应急技能和决策能力进行强化训练。

实时应急响应能力的提升还要求加强数据分析能力,利用大数据和人工智能等技术进行实时决策支持,进一步提高响应速度和决策精度。通过分析历史数据和实时传输的现场信息,能够更准确地预测潜在风险并提前采取防范措施,从而有效降低事故发生的概率。

4 案例分析与实证研究

4.1 典型案例分析

在实际运维中,变电站故障时有发生,尤其是在极端天气或设备老化的情况下。以某地区变电站为例,该站在一次雷击过程中发生了严重的设备故障。雷击导致了变压器油温过高,开关设备损坏,进而引发了大规模停电。通过回顾该事件,发现该站在雷击发生前未能及时识别潜在的风险点,导致了设备在短时间内无法恢复运行,影响了整个电网的供电稳定性。

在此案例中,若能提前进行风险评估并建立完善的应急响应机制,可能会大大降低事故的发生率和影响范围。例如,通过对雷击高发区域的监测,及时发现风险并启动应急预案,可以有效避免设备故障和停电事件。该案例表明,风险评估和应急响应机制的有效结合至关重要。通过对雷击和设备老化等多重风险因素的综合评估,变电站可以提前做好充分准备。一旦出现故障,应急响应机制可以迅速启动,从设备隔离、损害评估到恢复供电的每个环节,都能确保故障得到快速处理,最大限度减少电力系统的影响^[4]。

4.2 风险评估与应急响应机制的验证

案例中风险评估模型的效果分析:在该案例中,采用的数据驱动的风险评估模型对变电站的设备健康状况进行了实时监控,并根据历史故障数据和环境因素进行风险预测。分析结果表明,风险评估模型能够有效识别潜在的故障点,提前预警了部分设备的风险。虽然雷击这一自然灾害难以完全预测,但通过模型的预测,变电站能够更好地评估设备在极端天气条件下的承受能力,进而优化设备的运维策略。在应急响应方面,变电站根据事件发生后启动了应急预案,迅速进行了设备隔离和损害评估,并组织了抢修队伍进行设备修复和供电恢复。通过评估应急响应措施的执行情况,发现整体响应速度较快,尤其是在设备隔离和故障定位方面,采取了远程监控和自动化设备进行辅助判断,有效减少了人员的现场干预时间。也发现了一些问题,比如在资源调度和信息共享方面的不足。应急响应过程中,由于部分信息传递不畅,导致设备修复的速度有所延误。因此,在今后的应急响应机制中,应加强协调与调度,确保信息流畅和资源调配的高效性。通过此次案例的验证,风险评估与应急响应机制得到了有效应用,且在一定程度上提升了变电站的应急响应能力,为未来类似事件的处理提供了宝贵的经验。

5 结束语

本文深入分析了变电运维中的风险评估与应急响应机制,构建了一套基于数据分析的风险评估框架,并提出了对应的应急响应策略。通过对典型案例的研究,验证了所提出方法的有效性,为电力运维中的风险管理提供了实践依据。未来,随着智能化与大数据技术的进一步发展,变电运维的风险评估与应急响应机制有望更为精准、快速地应对突发事件,提高变电站的运行安全性与可靠性。

【参考文献】

- [1]孔德鑫. 变电运维误操作事故的预控对策分析[J]. 集成电路应用, 2024, 41(10): 352-353.
 - [2]郭思琪. 电网变电运维工作风险与应对措施[J]. 光源与照明, 2024(9): 219-221.
 - [3]黄道品. 浅谈变电运维中的吊车作业现场风险与预控[J]. 农村电工, 2023, 31(7): 59.
 - [4]李建东. 简述变电运维中隐患风险问题与应对措施[J]. 山东工业技术, 2018(4): 173.
- 作者简介: 张爽(1994.7—), 女, 河南省泌阳县人, 汉族, 硕士研究生, 中级电力工程师, 就职于国网郑州供电公司, 从事变电运维工作。