

变电站运维中的安全隐患动态分析与 预警方法研究

李夏琳

(国网陕西省电力有限公司西安市高陵区供电分公司)

【摘要】电力系统的发展和壮大离不开变电站技术的创新。变电站是电力输送和分配的关键,因此变电站的安全性会对整个电网稳定运行产生直接影响。变电站运维过程中分析隐藏的动态隐患,采取科学的预警措施才能保障电网可靠性和安全性。文章从电站运维期间安全隐患展开分析,提出数据挖掘和智能算法动态分析和预警方法。利用实时数据监测技术、智能算法建模和动态预警方式识别潜在的安全隐患并及早做出预警,增加变电站运维的精细化和智能化管理。

【关键词】变电站;运维;安全隐患;预警方式

中图分类号: TM63

DOI: 10.13655/j.cnki.ibci.2025.S2.136

Research on Dynamic Analysis and Early Warning Methods of Potential Safety Hazards in Substation Operation and Maintenance

LI Xia-lin

(State Grid Shaanxi Electric Power Co., Ltd. Xi'an Gaoling District Power Supply Branch)

【Abstract】The development and growth of electronic systems are inseparable from the innovation of substation technology. Substations are the key to power transmission and distribution, so the safety of substations will have a direct impact on the stable operation of the entire power grid. In the operation and maintenance process of substations, it is necessary to analyze hidden dynamic hazards and take scientific early warning measures to ensure the reliability and safety of the power grid. This paper analyzes the potential safety hazards during the operation and maintenance of the power station, and puts forward dynamic analysis and early warning methods of data mining and intelligent algorithms. Real-time data monitoring technology, intelligent algorithm modeling and dynamic early warning methods are used to identify potential safety hazards and make early warnings to increase the fine and intelligent management of substation operation and maintenance.

【Keywords】substation; operation and maintenance; safety hazards; early warning mode

1 引言

变电站在电力系统发挥着重要作用,其安全运行直接影响电力系统的稳定性和经济性。变电站运维工作复杂且繁重,需设备管理、故障排查、环境监测等工作相互配合。但在实际操作中,电力设备老化、环境变化及人为因素会给变电站带来不同类型的安全隐患^[1]。传统运维以人工巡视和定期检查为主,不仅缺少专业检测设备支撑,且巡视工作存在滞后性,无法对突发安全事件进行有效预警。因此探究先进的隐患动态分析与预警方式,不仅对安全隐患实时检测和预警具有重要意义,也是提升变电站安全管理水平的有效途径。

2 变电站运维中的安全隐患分析

变电站安全隐患主要来自设备故障、环境影响、操作失误、外部因素等方面,具体如下。

1) 设备故障

电力系统运行过程中,设备易出现各种问题,如变压器会产生过载、开关设备损坏、电气接线短路等,这些问题均可能引发变电站故障^[2]。

2) 环境因素

环境是导致变电器故障重要因素,其中温度过高、湿度过大、风力过强、雷电都会对变压器安全造成影响,甚至造成经济损失。

3) 操作失误

操作人员工作出现差错同样会引起变电站故障,此外,变电站设备维护周期过长,会对设备正常运行和使用寿命造成影响。

4) 外部因素

变电站故障外部因素有电力过载、通信中断、外部灾害等,这些因素会对系统运行稳定性造成影响。在运维期间如不能及时发现存在的安全问题,

会对设备造成严重损坏,甚至引起电网系统停运,产生安全事故。所以需对变电站运维存在的安全隐患进行动态分析,采取预警措施保护变电站安全。

3 安全隐患动态分析方法

安全隐患动态分析需结合设备运行状态、实时监测数据、历史事故数据等多种因素开展。本文在多源数据融合机器学习的基础上,提出安全隐患动态分析方法,具体操作流程如下。

1)数据采集与预处理

采集变电站运行中传感器、SCADA 系统及环境监测设备所获取的采集关键指标信息,包括温度、湿度、电流、电压等,通过这些数据信息对设备的运行状态和周围环境数据进行评估。需对采集的数据进行预处理,去除噪声干扰和无关信息,筛选有实际价值的特征数据,为后续的分析 and 决策奠定基础。

2)特征提取与建模

当前电力系统对于变电站安全运行的要求提高。为保障变电站运行的稳定性与可靠性,需深入分析影响其安全运行的关键因素及数据参数(如温度变化速率、电流波动幅度、设备工作周期等),通过收集和处理识别潜在风险和异常情况。本研究结合网络技术、统计分析方法和机器学习算法,构建变电站安全隐患预测与防范模型。所应用的算法包括支持向量机、决策树、神经网络等,可高效处理海量数据并识别复杂模式。通过先进的互联网技术构建的精准预测模型,既能对变电站运行状态进行实时监控,又能对潜在的风险提前预警^[3];同时,该模型可帮助运维人员掌握变电站运行情况,提出针对性维护建议,有效预防事故发生。通过对模型的持续优化和参数调整,可进一步提升安全隐患预警的精准性,为变电站安全运行提供有力技术支持。

3)隐患风险评估

利用模糊综合评价法对潜在安全隐患量化过程做出评估。在评估的过程对采集到的数据细化分析,分析数据权重和影响因素,增加变电站安全隐患评估的准确性,预警运行中存在的风险。另外从多维度对安全隐患做出分析,对风险做出全方位的了解,保证评估结果的全面性和准确性。

4)实时监控与预警

利用先进的算法模型对变电站运行状态进行实时分析,持续监控并管理变电站内部各种设备,识别

设备存在的安全隐患^[4]。同时,结合预先设定的安全阈值对变电站安全性进行判断,当关键参数超过设计安全阈值时,系统将自动启动预警机制,以便运维人员及时采取有效预防措施。

4 安全隐患预警方法

预警方法包括故障预测与风险预警。

故障预测:通过历史数据与实时数据开展设备健康监测,采用时间序列分析、深度学习等技术预测设备故障。设备故障预测模型通常涵盖设备温度、电流、电压等多个指标。

假设设备故障发生率可通过训练线性回归模型预测,公式如下:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_1(t) + \beta_2 X_2(t) + \cdots + \beta_n X_n(t) + \epsilon \quad (1)$$

式(1)中: Y_t 为故障发生概率; $X_1(t), X_2(t), \dots, X_n(t)$ 为影响因素; β_i 为回归系数; ϵ 为误差项。

风险预警:通过动态风险评估机制,对设备风险水平实时评估并生成预警信息。风险评估采用模糊综合评价法,总风险值计算公式如下:

$$R = \omega_1 \cdot R_1 + \omega_2 \cdot R_2 + \cdots + \omega_n \cdot R_n \quad (2)$$

式(2)中: $R_1, R_2, \dots, R_n$ 为各风险评估指标的量化值; $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$ 为各评估指标的权重系数, R 为设备的总风险值。

5 安全隐患动态分析的应用实例

1)实验数据采集

通过变电站 SCADA 系统与温湿度监控设备,采集了为期一月的设备运行数据。采集的关键数据包括电流、电压、温度、湿度等,将所有数据输入数据处理系统。采用高精度传感器进行数据采集,以确保数据的准确性和完整性,并对采集设备进行定期校准。同时,为了保证数据的时效性,数据采集系统具备实时传输功能,可保障数据及时被处理和分析。

2)故障预测与评估

实验以某台变压器为分析对象,通过监测其工作电流和温度评估其运行健康状况。数据见表1。

表1 变压器工作电流和温度评估数据

时间	电流/A	温度/℃	故障预测值/Y
08:00	100	35	0.02
09:00	105	36	0.05
10:00	110	37	0.10
11:00	120	38	0.15

续表

时间	电流/A	温度/℃	故障预测值/Y
12:00	130	40	0.20

由表1可见,随着变压器工作电流和温度的逐步升高,设备故障预测值呈现上升趋势。基于回归模型对数据进行预测,可提前识别变压器可能发生故障的时间。

3)风险评估与预警

基于模糊综合评价法,对变电站设备健康状况进行评估。评估数据包括设备温度、电流、电压的历史变化趋势,以及湿度、风速等环境监测数据(见表2)。

表2 模糊综合评价法安全隐患监测数据

指标	温度/℃	电流/A	湿度/%
权重	0.4	0.4	0.2
当前值	40	120	75
风险值	0.7	0.8	0.6
加权值	0.28	0.32	0.12

根据模糊综合评价法计算,总风险值为:

$R=0.28+0.32+0.12=0.72$

当总风险值超过预定阈值(如0.6)时,系统会发出预警,提示运维人员进行检查或调整。

6 结果分析

从实验数据分析结果可见,基于网络技术与数据驱动的安全隐患动态分析及预警方法,能及时发现变电站存在的安全问题并发出预警。其中设备故障预测应用回归分析与机器学习技术,有效提升了故障预测准确性,为运维人员提供更长的预警准备时间。此外环境因素会对设备健康状况评估产生影响,而模糊综合评价方式对此展现出良好的分析能力^[5]。通过对湿度、风速等环境因素的监测和分析,准确判断环境对变电站安全运行的影响,提前采取有效的防护措施,从而减少因环境因素引发的设备故障,进一步提升设备的安全性和可靠性,有助于降低运维成本,保证变电站长期稳定运行。

故障预测与风险评估的结合,使得变电站的运维工作能够更加智能化。在传统运维模式下,设备故障多为突发性,且缺乏充足的应对时间,给设备维修与事故处理带来巨大挑战。而通过数据驱动的动态分析方法,故障可被提前识别与预警,为运维人员预留充足准备时间。例如,当某设备的故障预测值达到设定阈值时,系统会自动生成预警信息,通知相

关人员进行检查,并通过移动终端或工控系统向运维人员实时推送报警信息。同时,系统还能根据设备的健康状态与环境因素,提供针对性维护建议,指导运维人员在最短时间内采取有效修复措施。

传统变电站运维多依赖人工巡检和定期检查,这种方式存在盲目性与滞后性,无法及时应对突发设备故障或环境变化。数据驱动的方法则不同,它通过实时数据采集和实时分析,可持续监控变电站各类设备的运行状态。利用传感器、SCADA系统等设备采集海量环境数据与设备状态数据,结合数据挖掘技术提取出与设备故障、环境风险相关的关键特征,进而实现安全隐患的动态监控与预测。

通过构建数据模型,系统可以在设备出现潜在故障时提前给出预警,避免故障发生时人员无法及时响应。与传统的定期巡检相比,数据驱动的方法更具时效性和前瞻性,能够实时反映设备的健康状态,并根据预测结果调整运维策略。

7 结语

本文提出的变电站运维安全隐患动态分析与预警方法,通过数据采集、特征提取、机器学习建模及风险评估等关键环节,能够有效识别并预测潜在的安全隐患,提升变电站运维的智能化水平。该方法不仅增强了运维人员对安全隐患的感知能力,还通过预警机制提前介入,降低了事故发生概率,保障了变电站安全稳定运行。此外,该方法的应用也为变电站运维管理提供了科学依据,提升了运维效率和管理水平,具有广泛的应用前景和推广价值。

参考文献

[1] 王智昊, 徐文奇. 变电站运维中的设备监测与预警技术分析[J]. 电子技术(上海), 2023(12): 52.
[2] 纪宏德, 吴显德. 基于人工智能的变电站现场作业预警技术研究[J]. 大众用电, 2022(3): 45-47.
[3] 陈光华, 孙尚. 基于大数据分析的网络信息安全预警平台及预警方法: CN202111390236.7[P]. CN202111390236.7[2025-02-25].
[4] 张文斌. 人工智能在变电站运维管理中的应用探讨[J]. 百科论坛电子杂志, 2024(12): 16-18.
[5] 唐锴. 基于变电运维的隐患风险和应对技术解析[J]. 百科论坛电子杂志, 2024(11): 25-27.