

低压配电设备运行状态监测与故障诊断技术

蒋宇翔 俞思源

苏州三新供电服务有限公司张家港分公司 江苏张家港 215600

摘要：低压配电装置运行的稳定性直接关系到供电的可靠程度以及用电的安全。当下，低压配电装置运行期间，受设备老化现象、负荷的不稳定波动、环境的侵蚀作用等多种因素的影响，容易产生各种各样的故障问题，传统的监测以及诊断方式存在效率不高、精准度不佳、预警不够及时等缺点，很难符合设备安全且稳定运行的要求。本文以低压配电设备运行的实际为基础，对设备常见的类型以及运行的特性进行梳理，剖析监测与故障诊断方面的核心需求，探寻各类监测技术和故障诊断方法应用时的关键要点，对应用过程里现存的问题予以梳理，并且提出优化的途径，设计技术应用效果的对比表格。为低压配电设备的高效监测、精准诊断和安全运维给予技术支持与实践参照。

关键词：低压配电设备；运行状态监测；故障诊断技术；安全运维

引言

作为电力传输“末梢环节”的低压配电系统，肩负着把高压电能转化成低压电能、确保终端用户用电稳定的关键职责。作为该系统核心构成部分的低压配电设备，其运行直接关联着整个配电系统能否安全、高效且平稳地运行。伴随各种用电设备的广泛普及以及用电负载的不断增加，低压配电设备长时间处于高负荷的运转状态，设备老化、绝缘破损、接触不佳等故障频繁出现，不但会对终端用户的正常用电造成影响，还可能引发设备烧毁、电气火灾类的安全问题，导致严重的经济损失。传统意义上的低压配电设备监测工作，主要依赖于人工展开巡检操作，在进行故障诊断时，大多凭借运维人员以往积累的经验做出判断，存在一系列的问题，如监测存在滞后性、诊断的精确程度较低、故障处置不够及时等，使传统方式很难契合现代化配电系统运维方实际需求。本文将关注点集中于低压配电设备运行状态的监测以及故障诊断技术，搭建一个全新的研究架构，对相关技术在实际中的应用以及优化策略进行深入的探究，为提升低压配电设备的运维水准提供助力。

一、低压配电设备运行状态监测技术及应用

（一）常用监测技术类型及工作原理

目前，低压配电设备运行状态监测技术已构建起多元化的体系，依据监测方式以及技术原理，该监测技术主要可划分成四类能适配不同设备、不同应用场景的监测需求。第一类是红外测温监测技术，此技术借助红外

测温设备捕捉设备表面散发的红外辐射信号，接着把信号转化为温度数据，达成对设备温度的非接触式实时监测，可以迅速察觉设备出现过热、接触不良等异常。其次是电气参数监测技术，借助安装电压传感器、电流传感器以及数据采集模块，对设备在运行进程中的各类电气参数予以实时采集，经过数据处理后，上传至监测平台，达成电气指标的实时监测以及异常预警。再者绝缘监测技术，运用绝缘电阻测试仪、介损测试仪等装置，定时或者实时对设备绝缘指标进行检测，对设备的绝缘性能加以评估，及时察觉绝缘潜在的问题，防止短路、漏电等故障发生。第四是振动监测技术，主要应用于变压器、开关设备类旋转部件或者机械部件数量较多的设备，借助振动传感器收集设备的振动信号，对振动的频率、幅值等相关参数展开分析，以判定设备机械部件的运行，能及时察觉部件出现的松动、磨损等问题^[1]。

（二）不同设备的针对性监测方案

依据各类低压配电设备的运转特性以及监测诉求，拟定具有针对性的监测规划，保证监测能精确且高效地进行。在配电变压器的监测工作中，运用红外测温手段对绕组和外壳的温度予以监测，同时结合电气参数监测方法对电压、电流、损耗等相关指标加以监测，并且搭配振动监测技术监测铁芯、绕组的振动，达成对变压器运行状态的全面监测。在针对低压开关设备开展监测工作时，着重运用红外测温技术手段对接触点的温度进行监测。将电气参数监测技术加以结合，对开关的通断状态以及电流、电压等参数展开监测，且采用绝缘监测技

术,对开关的绝缘性能予以评估,能及时察觉诸如接触不良、电弧放电类的故障。在低压电缆监测的范畴内,运用绝缘监测技术监测电缆的绝缘性能,同时结合温度监测技术,对电缆敷设区域的温度进行监测,规避电缆出现绝缘破损、过热等问题。在无功补偿设备的监测工作中,对电容器运行时的温度、电压以及电流参数展开监测,能及时察觉电容器出现的鼓包、渗漏油、击穿类

的故障^[2]。

(三) 监测技术应用效果对比

为了能直观地展现出不同监测技术具备的应用价值以及适配特性,紧密结合低压配电设备监测的实际操作,对常用监测技术的应用成效、适用的设备类型以及优势对比内容进行整理,形成表格,具体内容如表1所示,为技术选型事宜给予参考依据。

表1 监测技术应用效果对比

监测技术类型	适用设备	核心监测指标	应用优势	监测精度
红外测温监测技术	所有低压配电设备	设备表面及接触点温度	非接触式、操作便捷、响应快	±0.5℃
电气参数监测技术	变压器、开关设备等	电压、电流、功率因数等	实时监测、可远程管控、数据全面	±1.0%
绝缘监测技术	电缆、开关设备等	绝缘电阻、介损因数等	精准识别绝缘隐患、防短路效果好	±2.0%
振动监测技术	变压器、旋转类设备	振动频率、幅值等	可发现机械部件隐患、预警及时	±0.1mm/s

二、低压配电设备故障诊断技术及实践要点

(一) 故障诊断技术分类及核心原理

依据诊断方式以及原理,低压配电设备故障诊断技术大体上可划分成经验诊断法、信号分析法、智能诊断法三种类型。经验诊断法主要是凭借运维人员具备的专业经验,同时结合设备运行时发出的声音、设备的外观、运行的相关参数等,判定设备发生故障的类型以及故障所处的位置。该方法具备操作简便、成本低廉的长处,但诊断的精准程度会在较大程度上受到人员经验的影响,比较适合用于对简单故障开展初步的诊断。基于监测技术采集到的温度、电气、振动类的信号,信号分析法借助于信号处理、分析以及识别手段,把故障特征提取出来,对故障类型和位置加以判断。其诊断精度比经验诊断法要高,适合用于各类常见故障的精确诊断,属于目前应用范围最广泛的诊断技术。智能诊断法将人工智能、大数据等技术进行结合,依靠构建故障诊断模型,针对监测数据开展深度学习以及分析,达成故障的自动识别、精准定位还有趋势预测^[3]。

(二) 常见故障类型及针对性诊断要点

低压配电设备出现的常见故障大体可划分成电气故障、机械故障以及绝缘故障三种类型,不同种类故障诊断的关键要点存在着一定的差别,需要把故障具备的特征和诊断采用的技术相互结合,达成精确的诊断。在故障中,电气故障主要涵盖电压出现异常、电流发生过载、线路出现短路、接触存在不良等问题,在开展诊断工作的过程中,要着重对电气参数的监测数据进行分析,结合红外测温得到的结果,判定故障发生的位置以及产生

的原因。例如,当出现电流过载时,对负荷的具体状况以及线路的接触状态进行详细排查,若发生了短路故障,需要对绝缘性能以及线路的连接展开全面排查。机械故障大多在开关装置、变压器类设备上出现,涵盖部件出现松动、产生磨损现象、发生卡涩问题等,在开展诊断工作的进程中,要着重对振动监测得到的信号展开分析,结合设备运行时发出的声响,识别机械部件存在的故障特点,精确地确定故障所在的位置。绝缘故障主要包含绝缘出现老化情形、产生破损、发生漏电现象等,在诊断过程里,主要依赖绝缘监测获取的数据,并且结合环境相关的因素进行分析,判断绝缘存在的隐患的严重程度以及故障所处的位置,防止故障进一步扩大^[4]。

(三) 故障诊断技术实践注意事项

在开展低压配电设备故障诊断的实际操作时,有三个关键要素需要特别留意,保证诊断工作能精确且高效地完成,防止出现对设备故障的错误判断或者遗漏判断的问题。其一,着重保证监测数据的精准性,在开展诊断工作前,要对用于监测的设备实施校准操作,确保采集到的诸如温度、电气、振动等数据能真实无误、值得信赖,为后续的故障诊断工作奠定坚实基础。需要把设备过往的运行数据结合起来,开展对比研究与分析,提高故障诊断的精确程度。其二,恰当地挑选诊断技术,依据故障的具体类型、设备具备的特性,以及实际的应用场景,选取与之相适配的诊断技术,如针对较为简单的故障,运用经验诊断法,对复杂程度较高的故障,需要把信号分析法与智能诊断法结合起来运用,保证诊断的效率以及精确程度。其三,需着重开展故障溯源分析,

在诊断出故障的类型以及具体位置后，深入地剖析导致故障产生的根源性原因，其中涵盖设备自身、运行所处的环境、负荷运行状态等多个层面，要避免仅仅处理表面的故障，防止故障反复出现，达成对故障的彻底处理^[5]。

三、监测与故障诊断技术应用现存问题及优化路径

(一) 应用过程中存在的核心问题

综合低压配电设备监测以及故障诊断技术的实际应用，当前技术应用中，主要凸显出多个层面的显著问题，对诊断效果以及运维水准的提高起到限制作用。其一，监测技术的应用处于不平衡状态，一些应用场景至今仍然得依靠传统的人工方式进行监测工作，先进监测技术覆盖的应用范围相对比较有限，并且各种不同的监测技术相互之间缺少必要的协同配合，监测得到的数据没办法实现有效的共享，产生了监测的空白区域。其二，故障诊断的精确程度仍有提高空间，部分复杂故障以及潜在故障呈现出的特征并不显著传统的诊断手段，难以做到精准地识别，同时智能诊断技术的应用还不够广泛，由于受到技术成本以及人员技能约束，该技术未能充分施展其效能。其三，运维人员的专业素质存在欠缺，部分运维人员在监测设备操作、故障诊断等相关专业技能上有所匮乏，无法熟练运用各类监测和诊断的技术，难以满足复杂故障诊断的要求。

(二) 针对性优化路径

鉴于上述技术及应用进程里存在的问题，联系低压配电设备运维的实际情形，给出四条具有针对性的优化途径，促进监测与故障诊断技术提升质量和效率。其一，促使监测技术展开协同，运用拓展先进监测技术的应用范畴，搭建多种技术相互融合的监测架构，达成不同监测技术的数据共享以及协同剖析，消除监测空白区域，增强监测的全面程度与精确程度。其二，提高故障诊断的技术水准，显著增强对智能诊断技术的研发投入及应用程度，借助大数据以及人工智能技术改进故障诊断的

模式，提升对复杂、潜在故障的诊断精准度。促进传统诊断技术与智能诊断技术相互融合，提高诊断的效率。其三，强化对运维人员的专业性训练，构建常态化的培训机制，定时开展与监测设备操作、故障诊断技术、智能系统应用等相关的培训活动，增强运维人员的专业素养以及实际操作能力，打造专业的运维团队。

结论

运行状态监测以及故障诊断技术对低压配电设备，是确保低压配电系统能安全、稳定且高效运转的关键支撑要素。低压配电设备的运行状态会受到多种因素的影响，需要重点关注电气、温度、绝缘、机械等核心的指标，可以采用红外测温、电气参数监测等多种不同类型的监测技术，并且结合经验诊断、信号分析、智能诊断等诊断方法，达成对设备运行状态的全方位监测以及对故障的精确诊断。未来，要不断促使监测和诊断技术达成智能化、多元化的发展，拓展技术应用的场景范围，使技术标准更加完备，协助提升低压配电设备运维的水平，给低压配电系统高质量的运行创造保障条件。

参考文献

- [1] 孙勇, 李守贺, 刘宇鹏. 物联网技术导向的采煤掘进电气设备状态监测与故障诊断系统设计[J]. 电气技术与经济, 2024, (10): 174-176.
- [2] 吴浩刚. 发电厂主电气设备状态监测和故障诊断技术研究[J]. 电力设备管理, 2024, (18): 98-100.
- [3] 周永宁. 基于智能传感器的电气设备状态监测与故障诊断研究[J]. 中国设备工程, 2024, (24): 147-149.
- [4] 张建勋. 电气设备状态监测与故障诊断技术运用[J]. 中国设备工程, 2020 (20): 167-168.
- [5] 蒋智军. 浅谈低压配电设备故障诊断及运行监控系统方法[J]. 中国设备工程, 2019 (18): 88-89.