

配网线路运维隐患风险识别与评估技术

张成

徐州三新供电服务有限公司睢宁分公司

DOI:10.32629/etd.v7i1.22266

[摘要] 配网线路作为电力系统直面用户的关键基础设施,运行环境复杂、覆盖范围广泛,长期受设备老化、气象灾害、外力干扰等多重因素影响,极易滋生各类运维隐患,引发供电故障与安全问题。本文系统开展配网线路运维隐患风险识别与评估技术研究,首先梳理传统人工巡检与智能化感知、大数据分析相结合的多层次风险识别技术,其次构建涵盖设备状态、环境影响、运维管理、外力干扰的四维风险评估指标体系,对比分析层次分析法、熵权法及组合赋权的指标权重计算方式,建立四级标准化风险等级划分机制。

[关键词] 配网线路; 运维隐患; 风险识别; 评估技术

中图分类号: TM73 文献标识码: A

Risk Identification and Assessment Technology for Operation and Maintenance Hazards in Distribution Network Lines

Cheng Zhang

Suining Branch of Xuzhou Sanxin Power Supply Service Co., Ltd.

[Abstract] As a key infrastructure directly serving users in the power system, distribution network lines operate in complex environments and cover extensive areas. They are highly susceptible to various operation and maintenance hazards due to multiple factors, including equipment aging, meteorological disasters, and external interference, which may lead to power supply failures and safety issues. This paper systematically investigates risk identification and assessment technologies for operation and maintenance hazards in distribution network lines. First, it reviews multi-level risk identification technologies that combine traditional manual inspections with intelligent sensing and big data analysis. Second, a four-dimensional risk assessment indicator system covering equipment condition, environmental impacts, operation and maintenance management, and external interference is established. The methods for calculating indicator weights, including the Analytic Hierarchy Process, entropy weight method, and combined weighting method, are comparatively analyzed, and a standardized four-level risk classification mechanism is established.

[Key words] distribution network lines; operation and maintenance hazards; risk identification; assessment technology

引言

传统配网运维模式多依赖人工经验开展隐患排查,识别方式单一,对隐性风险、潜在风险的预判能力不足,同时缺乏标准化、量化的风险评估体系,风险定级多依靠主观判断,极易出现风险漏判、误判以及管控措施不到位等问题,难以适配现代化配网智能化、精细化的运维需求。

1 配网线路运维隐患风险识别技术

1.1 传统风险识别方法

(1) 现场巡检排查是最直接、最基础的风险识别方式。该工作主要依靠运维人员按照既定的运维规程和巡检周期,对辖区

内的架空线路、电缆通道以及各类附属配套设备进行全方位实地核查^[1]。运维人员通过肉眼观测、基础工具检测、近距离状态核查等方式,直观判断线路设备存在的异常状态。日常巡检过程中,工作人员可以精准排查线路裸露老化、部件松动破损、周边树障遮挡、设备积污锈蚀等各类显性隐患,同时能够及时发现线路运行环境出现的细微变化,为后续风险研判提供第一手现场资料。(2) 台账数据分析是依托运维基础资料开展风险预判的重要手段。配网线路在长期运行过程中,会积累完整的设备基础台账、运维记录、检修记录等书面及电子化资料。运维人员通过系统梳理台账信息,核对设备投运年限、检修频次、部件更换

记录等核心内容,能够精准掌握设备的整体运行工况和服役状态。通过对比不同阶段的台账数据变化,可以提前甄别长期运行带来的设备老化隐患,以及频繁检修部位存在的持续性运行风险,实现从被动排查向主动预判的转变。(3)缺陷统计分析属于基于历史运行数据的复盘式风险识别方法。运维团队会定期汇总线路设备日常运行中出现的各类缺陷问题,对缺陷类型、出现频次、分布位置、诱发原因等内容进行系统性梳理和归纳。通过批量分析历史缺陷数据,可以总结出配网线路运行的高频隐患问题和薄弱运行环节。

1.2 智能化风险识别技术

(1)图像与视频智能识别技术是当下应用最为广泛的智能巡检手段。该技术依托机载无人机与现场布设的监控摄像头完成线路影像采集,结合深度学习算法对画面内容进行自主解析。设备可以自动甄别线路设备的各类显性缺陷,替代传统人工肉眼排查模式。这种识别方式可以规避人工巡检存在的视野局限和视觉疲劳问题,对高空偏远区段的线路状态实现稳定监测,持续捕捉设备外观异常变化,为隐患判定提供可视化依据。(2)传感监测识别依靠各类高精度感知设备搭建实时监测体系。运维系统在线路关键设备和易故障点位布设专用传感器,持续采集设备运行的温湿度数据,局部放电数据,杆塔倾斜数据以及设备振动数据^[2]。系统可以根据实时监测数据的波动变化,捕捉设备内部隐性故障和运行状态偏移。这类隐患无法通过肉眼观察发现,传感监测能够实现设备状态的动态感知,提前锁定潜在运行风险。(3)大数据隐患挖掘技术依托海量运维数据完成风险深度识别。技术体系整合线路历年故障记录、区域气象变化信息以及全周期运维台账数据,通过数据清洗和关联分析挖掘数据背后的隐患规律。系统可以梳理不同环境因素和运维状态与线路故障的内在关联,精准定位线路运维薄弱环节。该技术能够突破单一数据的识别局限,实现从被动隐患排查到主动风险预判的智能化升级。

1.3 典型场景专项风险识别

(1)恶劣天气隐患识别是保障线路极端工况下安全运行的关键环节。暴雨天气会持续冲刷线路设备,侵蚀线路基础结构,容易引发线路受潮、基础塌陷等隐患。台风天气会带来强风扰动,造成线路摆动幅度超标,引发线路搭接、部件脱落等问题。低温覆冰会增加线路负重,改变设备受力状态,极易造成线路断线和设备变形。高温环境会加速线路绝缘材料老化,提升设备过载运行的风险。专项识别工作会结合不同天气的影响机理,针对性排查对应隐患问题。(2)外力破坏风险识别主要聚焦线路外部人为及环境干扰带来的安全隐患。工程施工过程中的机械作业容易误碰、误损线路及配套设备,是线路突发故障的主要诱因之一。线路周边的树木植被会随生长逐渐贴近线路,长期形成遮挡与摩擦,破坏线路运行安全距离,诱发短路故障。线路设备偷盗破坏行为,会直接造成设备缺失和线路结构损坏,影响配网系统稳定运行,专项识别可提前预判各类外力干扰隐患。(3)设备本体故障隐患识别针对线路长期运行产生的结构性缺陷开展排

查。设备长期服役会出现整体老化衰退的问题,设备性能逐步下降,运行稳定性持续降低。线路绝缘层长期受环境侵蚀会出现破损、开裂、脱落等问题,失去原有防护能力。线路接头属于设备薄弱部位,长期通流运行容易出现发热松动、接触不良等隐患,专项识别可精准捕捉这类隐性本体缺陷,实现提前防控。

2 配网线路运维风险评估体系构建

2.1 风险评估指标选取原则

(1)科学性原则,这是指标选取的根基。所有评估指标的设定,都得有电力运维专业理论和配网设备运行规律托着。指标内容要紧扣配网线路故障是怎么产生的、风险是怎么演化的,不能凭想象造一些没用的指标出来。定义上得清晰、严谨,跟行业运维标准和技术规范对得上,能真实反映出线路设备状态、环境因素、运维管理这些条件对运行风险的影响程度。(2)全面性原则,指标选取要把配网运维风险的关键维度都覆盖进去。设备本体状态得看,外部运行环境得看,人为运维操作得看,各种突发干扰因素也得看,不能只盯着某一种设备缺陷或者某一类风险场景^[3]。指标体系既要装得下显性的运行隐患,也要兜得住隐性的潜在风险;长期慢性的风险要管,突发瞬时的风险也不能漏。整个配网线路运维的全过程都要覆盖到,不然指标一有遗漏,风险评估就会出现偏差和漏洞。(3)针对性原则,配网有配网自己的运维特性,跟高压主网和其他电力设备的评估标准不一样,指标选取得把这一点吃透。配网覆盖面宽、设备层级多、运行场景复杂,外力干扰的概率也高,这些独有的特点决定了指标必须更有适配性。通用性强但对配网风险研判没实际用处的冗余指标,该别就别。(4)可量化原则,风险评估要落地,可量化是绕不开的条件。选出来的指标,都得能通过运维数据、监测数据、统计数据做直观的量化统计。那些模模糊糊、只能定性描述的内容,尽量规避掉。每项风险因素都能用具体数值来做对比分析和等级判定,人工主观评判带来的误差才能降下来,配网运维风险评估也才能往标准化、精细化、数据化的方向走。

2.2 多维风险评估指标体系

(1)设备状态指标,这个指标在整个评估体系里算是底层支撑,主要用来衡量配网线路和附属设备自身的健康水平。它围绕设备实际运行工况来搭建,把投运时间、部件老化程度、绝缘性能、接头接触情况这些基础参数都考虑进去。通过这些数据,可以比较准确地判断设备本体存在哪些固有隐患,也能把自然老化和性能衰减各自带来的风险区分开来。说到底,这是判断线路基础运行可靠性最直接的依据。(2)环境影响指标,重点评估的是外部自然环境对配网线路的持续作用。配网线路常年露天运行,气象条件和地理环境时时刻刻都在影响它。这个指标把常规气象变化、极端天气情况,还有线路敷设区域的环境特质都装了进去。它能反映出温度变化、雨雪风霜、区域环境特征对线路绝缘结构、设备受力状态、整体运行稳定性造成了多大干扰,也能把环境因素诱发线路故障的概率做一个量化评估。(3)运维管理指标,主要看日常运维工作质量对线路风险起到多大管控作用。它覆盖运维全过程的管理水平——日常巡检执行得到不

到位、隐患排查整改能不能闭环、设备定期试验检测有没有按时完成、运维制度落实规范不规范,这些都算。运维台账管理、隐患复盘治理、人员作业规范程度等内容也包括在内。

2.3 指标权重确定方法

(1)层次分析法是依托主观专业经验的经典赋权方式,具备极强的行业适配性。该方法将复杂的风险评估体系逐层拆解为多层次指标结构,通过行业运维经验和专业理论完成指标间的两两对比。依托标准化的对比逻辑界定不同指标的相对重要程度,再通过矩阵运算完成权重计算。整个过程贴合电力运维行业的认知规律,能够充分发挥一线运维和技术人员的专业积累,有效规避指标权重分配的不合理问题,适合用于解决多层次、多维度的配网风险指标赋权问题。(2)熵权法是完全基于数据特征的客观赋权方法,能够彻底规避主观人为干扰。该方法依托各项指标的原始监测数据和统计数据,通过计算数据离散程度判断指标的信息承载量^[4]。数据离散程度越高,对应指标的信息价值越强,在风险评估体系中的权重占比也就越大。这种赋权方式完全依托真实运维数据推导得出,不依赖人工经验判断,可以有效弥补主观赋权存在的随意性缺陷,让权重结果具备更强的数据客观性。(3)单一主观赋权或客观赋权都存在一定局限性,层次分析法容易受专业认知差异影响,熵权法无法体现行业实际运维侧重点。组合赋权方法将两种算法进行有机结合,整合主观经验优势与客观数据优势。通过科学的融合公式对两类权重结果进行叠加修正,既保留专业运维视角下的指标重要性判定,又兼顾实际数据反映的指标真实价值。最终得到的综合权重结果更加均衡可靠,能够全面适配配网线路多维风险指标的赋权需求,大幅提升风险评估体系的精准度与可信度。

2.4 风险等级划分标准

(1)低风险代表线路整体运行状态保持良好,各类隐患因素的影响程度处于可控范围。该等级下存在的缺陷大多属于轻微类问题,风险演化为故障事件的概率很低。即便相关隐患持续存在,短时间内也不会对配网供电稳定性形成明显威胁。运维层面不需要开展紧急处置,只需要纳入常规巡检范围,在日常运维作业过程中逐步完成缺陷处理即可。(2)一般风险对应的线路已经出现部分缺陷或者不利运行条件。风险发生的概率处于中等水平,在外界因素的叠加作用下,隐患存在进一步发展恶化的可

能性。该等级风险不会直接造成大面积供电异常,但会降低线路运行的安全裕度^[5]。运维工作需要对相关点位增加关注力度,结合运维计划安排合理的整改周期,按时完成隐患消除,避免风险持续积累。(3)较大风险说明线路已经存在较为突出的运维隐患,故障发生的可能性明显上升。外部环境出现波动就有可能触发线路故障,会带来局部范围的供电扰动。这类风险不能依靠常规巡检模式被动等待处理,需要把相关线路区段列为重点管控对象。运维资源要适度倾斜,在限定的周期之内完成隐患整改,同时做好过程中的状态跟踪,防止风险继续升级。(4)重大风险属于等级最高的风险类别。处于该等级的线路隐患已经具备很高的故障触发概率,一旦风险爆发,会造成较为严重的供电影响,还可能衍生出其他安全问题。针对重大风险不能沿用常规运维节奏,需要优先调配资源开展处置工作。必要时采取临时防护手段控制风险扩散,尽快完成隐患根治,保障配网系统整体运行安全。

3 结束语

总之,整套技术体系兼顾理论科学性与现场实用性,能够精准甄别配网线路各类显性与隐性隐患,合理判定风险等级,为运维人员开展分级管控、针对性整改、提前预控提供清晰依据,大幅提升配网线路运维工作的精细化水平与风险防控效率。

[参考文献]

- [1]倪宇璇.配网线路运维隐患风险识别与评估技术[J].电力设备管理,2026,(10):43-45.
- [2]钦伟勋,李海思.配网线路运维异常风险识别与评估方法研究[J].电力设备管理,2025,(5):215-217.
- [3]尚海芬.配网线路运维隐患风险识别与评估研究[J].光源与照明,2024,(11):72-74.
- [4]王佳祥,申剑,易佳佳,等.配电网线路运检中的智能在线检测方法分析[J].消费电子,2025,(4):89-91.
- [5]刘滨,李宁斐.配网线路运维中顽固性鸟窝问题消缺技术[J].电力系统装备,2025,(11):110-111+114.

作者简介:

张成(1974—),男,汉族,江苏徐州人,本科,中级工程师,研究方向:输配电。