

[配电网]

基于配电网健康度的风险评估标准研究

文/潘惠宇

国网江苏省电力有限公司苏州市张家港市供电分公司

随着智能配电网的快速发展和多种新型设备的广泛应用，配电网的运行方式变得越来越复杂，安全隐患也随之增加。为了准确评估配电网的风险等级，传统的基于故障概率的可靠性理论方法已无法全面反映配电网的运行状态。因此，结合CBRM和Q/GDW645—2011两种电力设备健康度评价标准，提出了一种新的基于配电网健康度的五级风险评估标准，并分析了影响配电网健康状态的内外外部影响因素，达到了全面评估配电网风险程度的目标。

近年来，随着电力系统规模的不断扩大和电网结构的复杂化，配电网可靠性的保障成为电力行业不可忽视的问题。配电网的故障和事故不仅导致停电，造成巨大的经济损失，还给人民群众的生产和生活带来重大影响。因此，准确评估配电网的风险程度，成为保障电力系统可靠运行的关键。

目前，配电网可靠性风险评估面临着一系列的挑战和困境。首先，传统的风险评估方法主要依赖于经验和统计数据，忽视了对配电网系统健康度的综合评估。这样的评估方法难以准确地反映配电网的实际风险水平，且缺乏针对性的风险管理措施。其次，现有的评估指标和标准不统一，难以进行横向和纵向的对比分析。不同地区和不同类型的配电网使用不同的评估指标和标准，导致评估结果不具有可比性，难以进行综合评估。此外，评估方法缺乏动态性和实时性，无法及时发现潜在的风险隐患，并采取相应的措施进行干预和管理。

基于以上问题，本文提出一种综合考虑配电网系统健康度的风险评估方法，并探索建立统一的评估指标和标准体系。通过对配电网系统关键参数和指标的分析与研究，系统地构建配电网健康度评估

模型，将健康度因素纳入整体风险评估体系。

配电网健康度理论

1. 配电网健康度的定义

配电网健康度为衡量配电网系统健康状况的指标，反映了配电网所处的潜在风险程度。配电网健康度综合考虑配电网的设备状态、负荷情况及环境等多个因素，形成客观的评估结果，通过对配电网健康度的评估，可及时发现潜在的故障风险，并采取相应的措施进行预防和修复，确保配电网的安全运行。

2. 配电网健康度的评估指标

配电网健康度的评估指标是衡量配电网健康程度的重要依据。常用的评估指标包括设备运行状态、设备老化程度、负荷状况、电能质量及环境因素等。设备运行状态指标包括电流、电压及温度等参数，可通过实时监测设备的运行数据进行评估；设备老化程度指标可通过设备的使用年限、维护记录等进行评估；负荷状况指标可通过配电网的负荷数据进行评估，包括负荷水平、负荷均衡度等；电能质量指标包括电压波动、谐波含量及电能损耗等，可通过电能质量监测设备进行评估；环境因素

指标包括气候条件、自然灾害等，可通过监测相关环境数据进行评估。

3. 配电网健康度的重要性

配电网健康度的评估对于保障电力系统的稳定运行和用户的用电需求具有重要意义。首先，通过评估配电网健康度，可及时发现潜在的故障风险，并采取相应的措施进行处理，确保配电网的可靠性和安全性。其次，配电网健康度的评估结果可为配电网的规划和维护提供科学依据，合理分配资源，优化电网结构，提升配电网的运行效率和可靠性。最后，配电网健康度的评估可为电网经营者和决策者提供参考，帮助制定合理的风险管理策略，降低配电网风险，提高电力系统的可持续发展能力。

配电网健康度的划分

现阶段对于电力设备健康的评价标准见表1。

表1 电力设备健康度评价标准

来源	等级	分值	相关建议
CBRM	不良	8~10	移除设备
	较差	5~7	检修操作
	正常	3~4	正常管理
	优秀	0~2	新设备
Q/GDW645—2011	严重	小于60（含）	立即检修
	异常	60~75（含）	预约提前安排检修
	注意	75~85（含）	正常操作检修
	正常	85~100	延期检修

本文综合CBRM和Q/GDW645—2011《配电网设备状态评价导则》电力设备健康度评价标准的特点，对配电网健康度进行了重新划分，分为五个等级：(0, 1)为健康；[1, 2)为亚健康；[2, 3)为轻微缺陷；[3, 4)为重大缺陷；[4, 5]为危急缺陷。并给出了相关的维护建议，见表2。

表2 健康等级的划分

健康度分值	等级	含义	相关建议
(0, 1)	健康	配电网能在规定条件下无障碍地完成对用户的持续供电，各项关键指标特征有足够的裕量来抵御未来的未知风险	无须维护
[1, 2)	亚健康	配电网能在规定条件下完成对用户的持续供电，各项关键指标特征已经到达临界值，抵抗风险能力有所下降	按计划维护
[2, 3)	轻微缺陷	配电网能在规定条件下完成对用户的持续供电，各项关键指标特征已经超出临界值，抵抗风险能力有轻度缺陷	维护计划提前
[3, 4)	重大缺陷	配电网尚能在规定条件下完成对用户的持续供电，各项关键指标特征大部分超出阈值，抵抗风险能力严重不足	维护计划及时推进
[4, 5]	危急缺陷	配电网已经无法实现对用户的正常供电，各项关键指标特征严重恶化，后果非常严重	立即维护

4. 配电网健康度影响因素分析

在进行配电网健康度等级划分时，需要考虑配电网健康度的影响因素，该影响因素分为内部因素和外部因素。内部因素涵盖设备级和系统级，包括馈线、配电变压器和开关等设备级因素，以及供电质量、网架结构、装备水平、供电能力、供电安全和历史记录等系统级因素。外部因素包括自然因素、人为因素和外力因素。

1. 内部因素分析

内部因素是配电网健康状态的重要影响因素，包括设备级和系统级因素，如图1所示。

（1）设备级因素

设备级因素涵盖馈线、配电变压器和开关等配电网设备。馈线是电能传输的主要通道，其绝缘状况、负载情况和老化程度等直接影响配电网的健康度，缺乏维护，老化的绝缘材料导致电压漏电和故

障。配电变压器作为配电网中的重要组成部分，其绝缘强度、电压波动和温度升高等故障指标对配电网健康度评估具有重要意义。开关的可靠性和运行状态对配电网的稳定运行具有决定性作用，故障开关导致断电故障，而正常运行的开关可保障网路的稳定供电。通过对设备级因素的评估，全面了解配电网设备的健康状态。

（2）系统级因素

系统级因素包括供电质量、网架结构、装备水平、供电能力、供电安全和历史记录等。供电质量指供电过程中电压、频率、波形及稳定性等指标，反映配电网的稳定性和可靠性，稳定性差的供电质量伴随着频繁的设备故障和不稳定的电能供应。网架结构指配电网中各设备之间的连接方式和拓扑结构，其合理性和优化程度对配电网的健康度具有重要影响，合理的网架结构有助于降低线损、提高能

效，最大限度地减少设备故障。装备水平指配电网所使用的设备的技术水平和性能参数，通过对装备水平的评估，了解设备寿命、维护周期和故障率等信息。供电能力指配电网的电能供应能力，与负载情况和峰值需求量密切相关，供电能力不足导致过载和电力不足的问题，损害配电网的健康度。供电安全涉及配电网的防雷灾害能力、防电击等级和故障应急技术措施等，在雷电、电击等突发情况下，配电网的安全设备和措施能够减少事故发生的概率和对设备的影响。历史记录包括配电网的故障记录、维护记录和巡检记录等，为配电网的健康度评估提供重要参考，通过对历史记录的整理和分析，发现潜在的问题和趋势，及时采取相应的措施进行修复和预防。

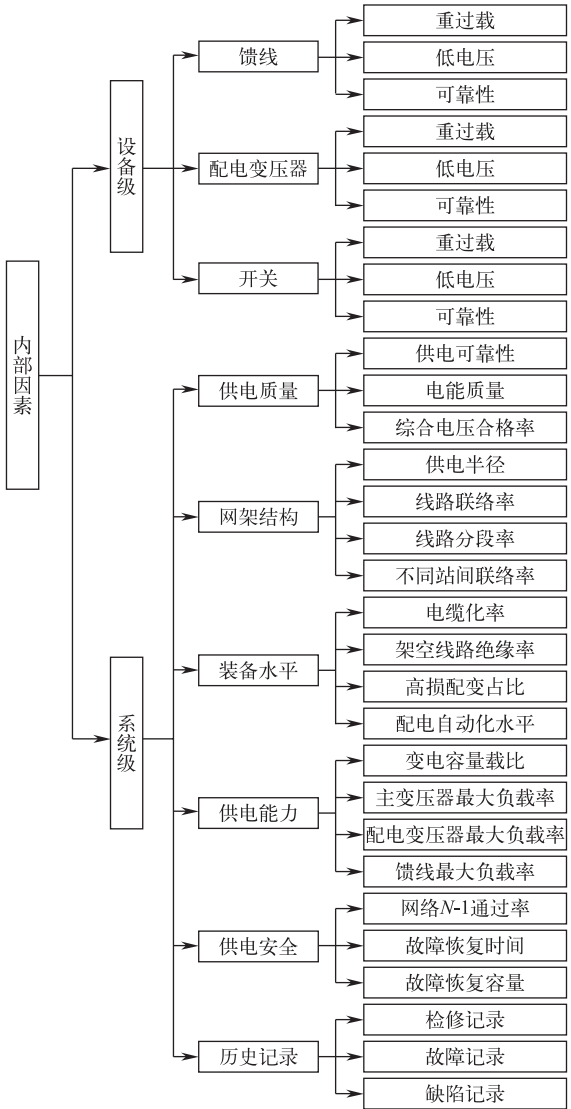


图1 配电网健康度内部影响因素

2. 外部因素分析

外部因素是影响配电网健康度的另一个重要因素，包括自然因素、人为因素和外力因素，如图2所示。

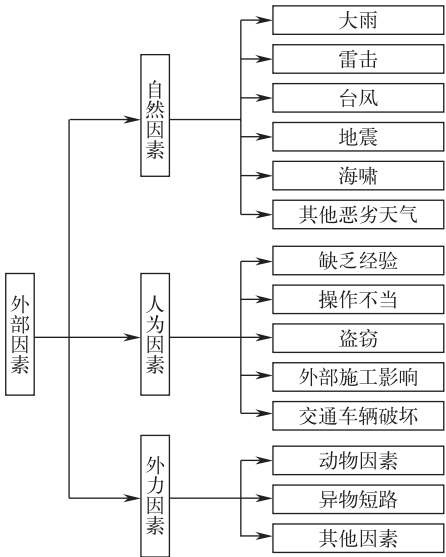


图2 配电网健康度外部影响因素

(1) 自然因素

自然因素指自然环境对配电网健康度的影响。例如，气候条件（如温度、湿度等）导致设备老化和腐蚀，特殊的气候现象（如暴风雨、冰雹、台风等）导致线路、变压器和开关等设备的损坏，极端的气候情况引发电力故障，造成电力供应中断。此外，自然灾害（如地震、洪水等）也会造成配电网设备的破坏，影响配电网健康度。

(2) 人为因素

人为因素指配电网运维人员的操作和维护行为对配电网健康度的影响。例如，不正确的操作和维护导致设备故障或损坏。此外，操作人员的技能水平和态度也直接影响到配电网的运行状况和健康度，缺乏培训和经验不足的人员无法及时发现和修复潜在问题，延缓故障修复时间，增加设备的故障率。因此，加强人员培训和正确的操作指导可以提高配电网的健康度。

(3) 外力因素

外力因素包括意外事故、破坏行为和恶劣环境的影响。例如，交通事故导致配电网设备的损坏，意外的施工活动或挖掘工作损坏埋地电缆，盗窃和

(下转第73页)

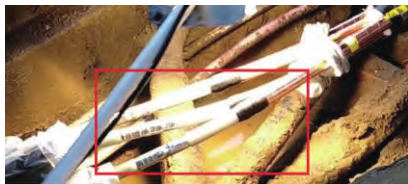


图8 电缆中间接头正确包半导电带

结束语

本文结合振荡波局部放电检测原理,分析了10 kV交联聚乙烯电缆的局部放电特性,以局部放电起始电压、放电量为特征量,研究了10 kV交联聚乙烯电缆各种类型缺陷的振荡波局部放电情况,提出10 kV交联聚乙烯电缆的局部放电运维检修措施。以ADOWS-10振荡波系统为例,验证了10 kV交联聚乙烯电缆局部放电特性分析及措施的有效性,对提高振荡波检测的精度、准确排查10 kV交联聚乙烯电缆的故障隐患及提升10 kV交联聚乙烯电缆线路的可靠运行有参考价值。EA

(收稿日期: 2023-03-23)

参考文献

- [1] 单秉亮,李舒宁,杨霄,等. XLPE配电网电缆缺陷诊断与定位技术面临的关键问题[J]. 电工技术学报, 2021, 36(22): 4809-4819.
- [2] 王昊月,李成榕,王伟,等. 高压频域介电谱

诊断XLPE电缆局部绝缘老化缺陷的研究[J]. 电工技术学报, 2022, 37(6): 1542-1553.

- [3] 彭发东,刘斌,庞小峰,等. 阻尼振荡波下检测XLPE电缆局部放电和耐压与工频的等效性综述[J]. 高压电器, 2013, 44(7): 116-120.
- [4] 李宗辉,陈林艳,陈艺伟. 10 kV交联聚乙烯电缆绝缘老化超低频介损试验的研究[J]. 电气技术, 2020(10): 83-87.
- [5] 孙广慧,庄小亮,牛海清,等. 珠三角地区10 kV配电网电缆故障统计分析[J]. 电气应用, 2013, 32(11): 83-85.
- [6] 陆国俊,熊俊,李光茂,等. 振荡波电压下XLPE电缆局部放电模式识别研究[J]. 高压电器, 2017, 53(2): 95-100.
- [7] 余英,薛荣,黄荣辉,等. 10 kV电缆振荡波局放测试的理论分析与试验研究[J]. 高压电器, 2014, 50(7): 88-93, 99.
- [8] 张龙,黄晨曦,张伟,等. 交流和振荡波电压下XLPE电缆典型局部放电特性研究[J]. 高压电器, 2015, 51(8): 43-48, 53.
- [9] 刘鸿. 基于振荡波的电缆多源局放检测及定位方法[D]. 成都: 西南交通大学, 2017.
- [10] 时振堂,孙进,颜廷纯,等. 交联聚乙烯电缆故障行波测距新方法研究[J]. 电气技术, 2019(4): 56-60.

(上接第69页)

破坏行为影响配电网的正常运行。此外,某些特殊环境(如工业区、高温区等)对配电网设备产生额外的压力和损害,影响配电网的健康度。

结束语

配电网作为电力系统中的重要组成部分,承担着将高压电能转变为低压电能并分配给用户的重要任务。由于受电力设备老化、负荷增加、外部环境因素的影响,配电网在运行过程中面临着各种故障和风险。本文综合CBRM和Q/GDW645—2011电力设备健康度评价标准的特点,对配电网健康度进行了重新划分,并给出了相关的维护建议。EA

(收稿日期: 2023-08-23)

参考文献

- [1] 杨剑文. 基于健康度和重要度指标的配网风险评估与预警研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2022.
- [2] 冯诺皎. 配电网典型设备健康度评价模型及差异化运维策略研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2021.
- [3] 崔毅,汪鹏君,王晶晶,等. 基于状态评估的配网巡检与故障定位[J]. 电气自动化, 2021, 43(1): 31-33, 115.
- [4] 唐娴,尚明远,林茵茵,等. 基于配电网灵活性需求评估的投资方法研究[J]. 电气应用, 2021, 40(12): 37-42.