

基于多传感信息特征融合的 10kV 配电室运行环境智能监测方法

刘康康^{1,2} 王路¹ 宫蕊³ 郝紫霄²

(1. 国科互联智造(北京)科技有限公司 2. 滨州魏桥国科高等技术研究院
3. 山东魏桥国科数字能源科技有限公司)

摘要: 常规的 10kV 配电室运行环境智能监测特征提取多为目标式监测,覆盖范围有限,导致最终得出的监测时延增加,为此提出对基于多传感信息特征融合的 10kV 配电室运行环境智能监测方法的设计与分析。根据当前的监测需求,先进行传感节点部署及数据上传,结合多传感信息融合,扩大覆盖范围,实现多传感信息特征提取。在此基础之上,设计多传感信息特征融合配电室运行环境监测模型,采用追踪预警的方式来实现智能监测处理。测试结果表明,对比于数字孪生电力运行监测方法、人工神经网络状态实时监测方法,此次设计的多传感信息特征融合配电室运行环境智能监测方法最终得出的监测时延较小,均被控制在 1s 以内,这说明在多传感信息特征融合的辅助下,设计的配电室运行环境智能监测方法更加高效、具体,针对性强,具有实际的应用意义和创新价值。

关键词: 多传感信息; 特征融合; 10kV 配电室; 运行环境; 监测方法; 智能监测

0 引言

10kV 配电室的日常运行压力相对较大,所以对于稳定与安全的环境更为依赖。一般情况下,相关人员为了更好地对环境进行控制及调整,会结合智能化监测装置,搭配智能监测平台进行实时数据及指令的处理。如传统数字孪生电力运行监测方法会通过三维建模,建立仿真性环境。利用传感器等设备,实时上传设备监测数据,以此来判定实时监控电力设备的运行状态,发现异常情况并告警^[1]。而传统人工神经网络状态实时监测方法则是依据实时监测人工神经网络中节点的输出,判断其状态是否正常。识别并处理

异常状态,确保网络稳定运行^[2]。此类方法虽然可以完成预期监测任务,但是效率较低,且监测的覆盖范围较为有限,致使最终得出的监测结果出现不可控的偏差。为此提出对基于多传感信息特征融合的 10kV 配电室运行环境智能监测方法的设计与分析。多传感信息特征融合技术的辅助下,对配电室的覆盖范围不做限制,同时可以在短时间之间实现对运行环境的全面、实时监测^[3]。此外,信息融合技术还能够将来自不同传感器的数据进行融合处理,提取出更加准确、全面的环境信息,为配电室的运行管理提供有力支持,为电力系统的安全稳定运行提供有力保障。

1 设计配电室运行环境多传感信息特征融合监测方法

1.1 传感节点部署及数据上传

传感节点在部署时应考虑配电室的大小、结构和关键监测区域。通常，基于配电室的有效覆盖范围，预估节点的实际数量 N ：

$$N = \frac{k \times s}{\vartheta} \quad (1)$$

式中， N 为传感节点实际数量； k 为单元监测范围； s 为监测位置点； ϑ 为安全系数。根据当前测定，采用核心+边缘的方式进行节点的部署设定，见图1。

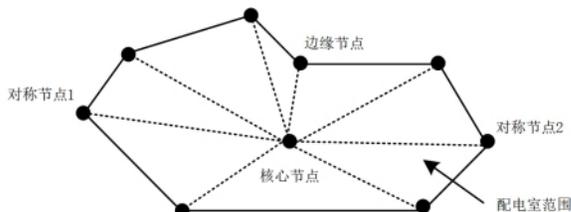


图1 传感节点部署位置图示

图1主要是对传感节点部署位置的设定。节点互相关联，可以将实时的数据采集传输到平台预设的位置之上，以便于后续的应用。需要注意的是，在设定时确保节点分布均匀，能够覆盖配电室的各个角落和关键设备。接下来，进行数据的处理及上传^[4]。先对采集的数据进行预处理^[5]。辅助去噪，填补数据中的缺失值，并剔除掉存储的错误数据，保证其真实与完整，将所选数据转换为统一的格式，通过 ZigBee 无线通信网络上传，但需要注意的是，在数据上传过程中，为了降低数据冗余和提高传输效率，尽量对数据进行压缩存储和加密处理，在保证数据安全性的同时，防止数据在传输过程中被篡改或丢失^[6]。当前的传感节点部署方式较为可控，搭配高效数据上传机制，为电力系统的安全稳定运行监测奠定基础。

1.2 多传感信息特征提取

多传感信息特征提取依赖于先进的信号处理和数

据分析技术。此次结合小波变换和深度学习等技术，进行特征的提取分析。由于10kV配电室日常的运行压力较大，所以可以设定多个特征提取周期，基于周期数据的变化以及在趋势的波动基础之上，进行特征提取^[7]。在配电室中部署多类型的传感装置，例如电压传感器、温度传感器等，传感器与节点之间互相搭接，形成循环式的监测环境^[8]。接下来，针对每个传感器采集的数据展开计算。在不同的周期范围之内，测定出多个传感方向数据的差异，如表1所示。

表1 多传感信息特征数据表

传感方向	多传感信息特征指标	数值标准
温度传感	平均值	85°C
	允许最大温差	10°C
电压传感	额定电压	220V
	层间电压	10-15V
电流传感	额定电流	460A

基于表1，实现对多传感信息特征数据的设定。在各个周期之内，依据上述数据的变化，总结出对应的变化与波动规律，计算出对应的特征值：

$$T = \sum_{e=1}^{\infty} \Im e^{-\sqrt{(1+f)}} \quad (2)$$

式中， T 为特征值； \Im 为波动差值； e 为异常点位， f 为预设标准值。将当前计算得出的特征值设定为约束条件。值得注意的是，当前的特征值基本上可以反映配电室的基础运行状态，形成对应的特征向量，且设定的特征标准也并不是固定的，可以结合实际的需求做出调整，确保后续智能监测的真实与灵活。

1.3 设计多传感信息特征融合配电室运行环境监测模型

在多传感信息特征技术的辅助下，构建10kV配电室运行环境智能监测模型。首先，基于上述提取的多种特征，进行特征融合处理，这部分采用加权平均法进行特征融合：

$$H = \rho^2 - \sqrt{S + \frac{m-n}{X}} \quad (3)$$

式中, H 为融合后的特征值; ρ 为传感范围; S 为传感器的权重; m 和 n 分别为基础传感精度和实际传感精度; X 为传感节点。将融合后的特征值作为引导, 基于配电室的运行实况, 设定对应的监测目标, 并在可控的监测约束范围之内, 设计模型的执行流程, 如图 2 所示。

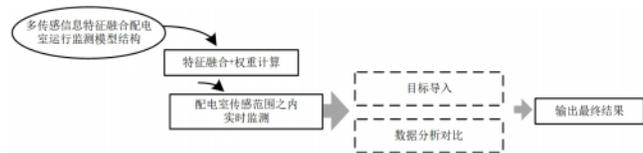


图 2 多传感信息特征融合配电室运行监测模型结构图

图 2 主要是对多传感信息特征融合配电室运行监测模型结构的设计与分析。按照该流程, 对各个位置进行实时监测, 采集存储往期的监测数据, 使用深度学习算法, 在当前的模型中构建表达式:

$$Y = \delta + \sum_{R=1} \varphi R - d \quad (4)$$

式中, Y 为智能监测输出结果; δ 为覆盖区域; φ 为单节点传感监测区域; R 为节点数量; d 为重叠范围。对得出的智能监测输出结果对比分析, 以此来更好地分析当前配电室的运行状态。依据该顺序对当前的监测程序展开实时地训练和预测, 实现基础预测结果的学习和优化, 增加预测的准确率。

1.4 追踪预警实现智能监测处理

在智能监测系统中, 追踪预警可以更好地预防潜在风险、基于历史数据和当前的综合特征值, 对配电室的环境状态进行更加精准地预测和评估。假设有一组历史数据集 P , 其中包含多个样本点, 每个样本点都由一个综合特征值 x_i 和一个对应的运行状态 y_i 组成。这里的综合特征值 x_i , 包含温度、湿度、气体浓度等多个维度的信息。而 y_i 则代表该综合特征值对应的配电室运行状态, 是正常还是异常。此时, 基于上述的条件, 计算出允许出现的最大预警限值差, 见式 (5):

$$O = (\iota + \varpi)^2 \times \int \varpi \sigma \quad (5)$$

式中, O 为最大预警限值差; ι 和 ϖ 分别为基于预警监测范围和实际预警监测范围; σ 为综合特征值。在追踪预警的过程中, 将预警的差值控制在上述的范围之内, 一定程度上实现了监测的优化。但需要注意的是, 当新的综合特征值 x 出现时, 可以将其代入 SVM 的决策函数中, 得到一个预测值。这个预测值代表当前配电室运行环境的可能状态。如果预测值显示异常, 那么系统就会立即触发智能监测处理机制, 自动调整环境参数, 如降低温度、增加湿度等, 以改善运行环境。如果环境状态持续恶化, 系统甚至会启动备用电源, 确保配电室的稳定运行。

2 方法测试

此次主要是对基于多传感信息特征融合的 10kV 配电室运行环境智能监测方法的实际运用效果进行分析与核验, 考虑到最终测试结果的真实与稳定, 选择 K 区域的配电室作为测试的目标对象, 选定传统数字孪生电力运行监测方法、传统神经网络状态实时监测方法和多传感信息特征融合配电室运行环境智能监测方法展开对比核验。通过初始的测试系统进行往期数据及信息的采集, 汇总整合之后以待后续使用, 当前, 结合多传感信息特征融合技术, 进行初始测试环境的设定及细化部署。

2.1 基础测试准备

针对多传感信息特征融合, 设定部署配电室运行环境智能监测背景。R 公司 K 区域的公司拥有两条生产线, 基础性的供电标准为 0.4~110kV, 变电站及配电室有 100 多个, 配电室日常的巡检及运维任务相对较重。设定初期配电室的运行很稳定, 但是随着设备逐年老化, 运维工作量也逐渐增大, 运行环境出现不同程度的问题与缺陷。因此, 需要进行设定和调整。此次选定的测试系统硬件设备包括智能门禁系统、监

测电力摄像头、开关柜局放在线监测装置、轨道式巡检机器人、温湿度传感器以及智能地线管理系统，并在此基础之上，设定配电室的硬件测试环境，如图3所示。



图3 配电室硬件测试环境图示

基于多传感信息特征融合的背景，进行辅助测试指标与参数的调整，如表2所示。

表2 智能监测辅助测试指标参数调整表

智能监测辅助测试指标	基础数值标准
监测响应耗时/s	0.12~0.26
预设监测点/个	12
可控传感区域重叠比	5.1

通过表2实现对智能监测辅助测试指标参数的调整。将融合后的信息转换为测试目标，形成基础的测试环境。

2.2 测试过程与结果实践分析

在上述搭建的测试环境之中，结合多传感信息特征融合基础，对选定的R公司K区域10kV配电室运行环境智能监测方法进行测定及分析。首先，预设3组不同的监测任务，每一组监测任务的周期均是不同的，以便于获取更为精准的监测结果。以虚拟仿真技术将当前的测试环境进行仿真处理，在范围之内导入6个虚拟异常辅助测试指令，随机执行。结合实际的特征，系统会对异常点进行瞬时捕捉，在周期之内对其特征情况分析，如图4所示。

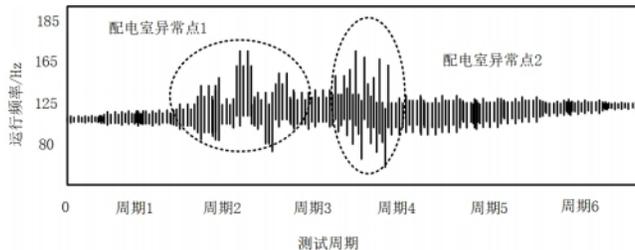


图4 多传感信息特征融合配电室环境异常监测图

图4主要是对传感信息特征融合配电室环境异常监测。基于采集的监测数据，以特征为引导，对当前的错误监测数据进行剔除，并在可控的智能监测时间标准之内，计算最终的监测时延：

$$B = \vartheta - \mu^2 + \frac{1}{L} \quad (6)$$

式中， B 为监测时延； ϑ 为实际响应时间； μ 为预估响应时间； L 为不可控耗时。根据得出结果，展开对比分析，如表3所示。

表3 测试结果对比分析表

测试任务小组	(单位: s)		
	数字孪生电力运行监测方法监测时延	神经网络状态实时监测方法监测时延	传感信息特征融合配电室运行环境智能监测方法监测时延
任务组A	1.25	1.55	0.67
任务组B	1.52	1.85	0.89
任务组C	1.67	1.64	0.57

表3主要是对测试结果的分析：对比于数字孪生电力运行监测方法、神经网络状态实时监测方法，此次设计的多传感信息特征融合配电室运行环境智能监测方法最终得出的监测时延较小，均被控制在1s以内，这说明在多传感信息特征融合的辅助下，设计的配电室运行环境智能监测方法更加高效、具体，针对性强，具有实际的应用意义和创新价值。

3 结束语

上述是对基于多传感信息特征融合的10kV配电室运行环境智能监测方法的深入探讨，根据上述的实

践应用分析不难看出，相比其他的监测形式，本次设计的监测方法不仅可以提高配电室运行环境的监测精度和效率，还通过实时数据分析，为电力系统的稳定运行提供坚实的保障。此外，多传感信息特征融合技术的辅助，一定程度上还简化了整体的监测环节，为配电室的智能化、自动化管理带来革命性的变化。同时，期待该方法能在更多的场景中得到应用，为保障电力系统的安全运行和优质供电作出更大的贡献。

参考文献

- [1] 邢佳源. 基于数字孪生技术的110kV电力设备运行状态监测方法[J]. 科技创新与应用, 2024, 14(15): 163-166.
- [2] 唐飞. 基于人工智能神经网络技术的电力设备状态实时监测研究[J]. 自动化应用, 2024, 65(8): 118-120.
- [3] 戴亦宗. 基于智能技术的电力设备状态监测与维护优化分析[J]. 电子技术, 2024, 53(4): 302-303.
- [4] 冯廷杰. 高速公路隧道内供配电设备运行状态监测[J]. 设备管理与维修, 2023(14): 165-167.
- [5] 谢忠志. 基于电力系统通信的环境监测与电器控制网络发展模式关系[J]. 环境工程, 2023, 41(5): 264.
- [6] 陈佟, 黄文雯, 夏小萌, 等. 基于RSA算法的电力通信工程环境安全监测方法[J]. 微电子学与计算机, 2023, 40(4): 63-71.
- [7] 周怡, 郭飞, 王亮, 等. 基于电力营商环境的大数据异常状态实时监测[J]. 信息技术, 2022, 46(12): 161-165, 171.
- [8] 万琪. 电力光缆健康在线监测与环境参量监测技术[J]. 云南电力技术, 2022, 50(4): 39-42.

(收稿日期: 2024-06-28)