

基于子空间混合相似度的气象站 DY-01 电源故障智能监测方法

任崇皓, 鲍金丽, 王子悦, 杨 昆

(山东省临沂市费县气象局, 山东 临沂 273400)

摘要: 气象站设备的差异化和多样化导致电源在出现故障时, 通过设备性能下降、数据异常、启动困难等间接方式反映; 这些故障特征微弱且多变, 且可能与其他设备故障或环境因素混淆, 增加了故障特征准确识别的难度; 为提高气象站 DY-01 电源故障的监测效果, 提出基于子空间混合相似度的气象站 DY-01 电源故障智能监测方法; 以气象站 DY-01 电源为监测对象, 通过高精度传感器实时采集气象站 DY-01 电源的电压、电流、功率等运行数据, 利用子空间技术将预处理后的高维数据映射到低维子空间中, 从时域和频域两个角度细化电源故障特征分量, 识别电源故障状态与类型; 采用混合相似度算法计算实时数据与历史故障数据之间的相似度, 并依照相似度预设的阈值, 执行可视化输出与预警程序, 实现气象站 DY-01 电源故障智能监测任务; 实验结果表明, 所提方法的电压和电流监测误差分别减小 2.7 V 和 0.245 A, 误警率在 2% 以下, 同时监测覆盖系数无限接近 1.0, 由此证明所提方法具有更优的监测精度和范围。

关键词: 子空间混合相似度; 气象站; DY-01 电源; 电源故障; 智能监测

Intelligent Monitoring Method for DY-01 Power Failure in the Meteorological Station Based on Subspace Mixed Similarity

REN Chonghao, BAO Jinli, WANG Ziyue, YANG Kun

(Meteorological Bureau of Feixian, Linyi City, Shandong Province, Linyi 273400, China)

Abstract: The differentiation and diversification of meteorological station equipment in the event of power failure lead to a decline in equipment performance, abnormal data, and difficulty in starting up. These fault features are weak and variable, and easily confused with other equipment faults or environmental factors, increasing the difficulty of accurately identifying fault features. To improve the monitoring effectiveness of DY-01 power failure in the meteorological station, an intelligent monitoring method for DY-01 power failure based on subspace mixed similarity is proposed. Taking DY-01 power supply in the meteorological station as a monitoring object, high-precision sensors are used to collect real-time operating data such as voltage, current, and power of DY-01 power supply in the meteorological station. The preprocessed high-dimensional data is mapped to a low dimensional subspace using subspace technology, and the power fault characteristic components are refined from both time domain and frequency domain perspectives to identify the power fault status and type. Using a hybrid similarity algorithm to calculate the similarity between real-time data and historical fault data. Based a preset threshold of similarity, visual output and warning program are executed to achieve intelligent monitoring of DY-01 power faults in the meteorological station. Experimental results show that the voltage and current monitoring errors of the proposed method are reduced by 2.7 V and 0.245 A, respectively, with a false alarm rate of less than 2%, and the monitoring coverage coefficient is infinitely close to 1.0, which proves that the proposed method has better monitoring accuracy and range.

Keywords: subspace mixture similarity; meteorological station; DY-01 power supply; power failure; intelligent monitoring

收稿日期:2024-10-18; 修回日期:2024-11-25.

作者简介:任崇皓(1991-),女,大学本科,工程师。

通讯作者:杨 昆(1983-),男,硕士,高级工程师。

引用格式:任崇皓,鲍金丽,王子悦,等.基于子空间混合相似度的气象站 DY-01 电源故障智能监测方法[J].计算机测量与控制,2025,33(4):75-81.

0 引言

气象站是用于观测和记录大气状况的科学设施,它通过一系列传感器和测量设备,对气温、湿度、风速、风向、气压、降水^[1]等多种气象要素进行定时、连续的观测,收集大量的气象数据。这些数据经过处理和分析后,不仅为人们提供日常天气预报,还为气象学研究、气候变化监测、农业生产、航空航海安全等领域提供重要支撑^[2]。电源是气象站监测设备中的重要组成部分,为气象站的稳定运行提供电力支持。然而,由于电池电量不足、电源线连接不当、电源组成部件异常等原因,导致电源出现故障现象,不仅影响气象数据的准确性和完整性,还会影响气象预报和服务质量。因此,为实时监测电源的工作状态,及时发现并预警潜在的故障,以确保电源稳定运行。众多学者对电源故障智能监测方法展开研究。

文献 [3] 提出的数字孪生驱动多算法自适应选择的电源故障检测方法在深入探究电源系统的构成、运行原理及其输入输出关联后,运用 Simulink 工具建立了航天器电源系统各组件的数字镜像模型,结合故障产生机制,在镜像模型中引入了多种典型故障,以此扩充故障数据的种类与数量,评估多种故障检测模型的效能,并最终得出了电源故障的精确检测结果。但在电源系统的故障机理过程中,孪生数据与实测数据的同步效果会影响,故障模式的模拟准确性,尤其是那些微弱的故障特性,从而无法充分评估故障检测模型的性能。文献 [4] 提出了一种基于电压相关性的统计分析方法,用于数据驱动的串联锂离子电池组故障诊断,通过计算相邻电池电压间的相关系数并进行主成分分析,实现故障的快速精准定位。但在训练 PCA 模型之前,异常值的处理效果会直接导致模型对异常数据敏感,从而影响对微弱故障特性的识别。文献 [5] 提出一种基于融合时域与时频域故障特征和灰狼优化算法 (GWO) 的极限学习机 (ELM) 方法,用于核电棒控系统电源 (PWE) 早期故障状态的高效准确辨识。在构建融合电流上升时间、均方根一差分和小波包奇异熵的故障时频特征时,特征的可区分性降低会影响 ELM 分类器的性能,使得分类器难以准确区分不同故障模式,从而影响辨识精度。文献 [6] 提出了健康差异反馈模型 (HDFM),结合均值模型与中位数模型,并运用带反馈的模糊卡尔曼滤波算法,实现对锂离子电池内部短路故障的精准诊断,尤其适用于低电量状态和短路电流影响下的电池模型估计。HDFM 模型的建立依赖于准确的电池参数和模型假设。模型的不准确性可能导致故障诊断结果偏离真实情况,特别是在微弱故障条件下。

气象台中的设备种类繁多,对供电的需求也各不相同。DY-01 电源能够满足不同设备的供电需求,为气象数据的采集、处理和传输提供稳定的电力支持。一旦 DY-01 电源出现故障,可能会影响到气象数据的采集、处理和传输,进而对天气预报、气候研究等产生不良影响。因此,及时准确地诊断并排除 DY-01 电源故障,对于保障气象台的正常运行和气象数据的准确性具有重要意义。子空间混合相似度技术是一种在数据处理和分析领域中,用于测量数据点之间相似性的高级方法,它假设高维数据点分布在多个低维子空间上,通过计算每个数据点在局部邻域内的子空间表示,来衡量数据点之间的关联程度。将子空间混合相似度技术应用到气象站 DY-01 电源故障智能监测中,可以通过对电源系统的运行数据进行实时监测和分析,及时发现潜在的故障并给出预警信息,为气象台的稳定运行提供有力保障。

1 气象站 DY-01 电源故障智能监测

气象站 DY-01 电源故障智能监测系统结构如图 1 所示。

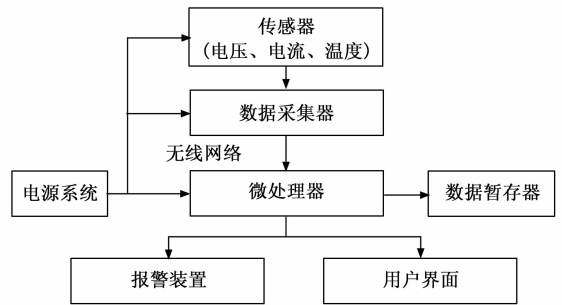


图 1 气象站 DY-01 电源故障智能监测系统结构图

- 1) 传感器: 实时监测 DY-01 电源系统的各项参数,并将这些参数转换为电信号。
- 2) 数据采集器: 接收来自传感器的电信号,将其转换为数字信号,并通过网络或串口线缆传输给通讯设备。
- 3) 通讯设备: 将数据采集器传输的数字信号通过无线网络发送给智能监测软件所在的服务器或工控机。
- 4) 智能监测软件: 运行在服务器或工控机上,接收来自通讯设备的数据,进行故障识别、预警和分析,并生成相应的处理建议。
- 5) 数据暂存器用于存储智能监测系统收集到的数据以及分析结果,供相关人员随时查看和分析历史数据。
- 6) 用户界面: 运行在客户端设备上,通过网络与智能监测软件和数据库进行通信,获取实时数据和分析结果,并展示给用户。

7) 报警装置: 当智能监测系统检测到 DY-01 电源系统出现故障或异常情况时, 及时发出警报, 提醒相关人员进行处理。

8) 电源系统: 包括 DY-01 电源本身以及备用电源或应急电源, 确保智能监测系统能够在各种情况下正常运行。

1.1 电源工作过程量化

DY-01 电源由多个元件组成, 包括供电线路、空气开关、电源避雷器、变压器、L2V 蓄电池以及电源控制器, 这些元件之间的相互作用和相互影响使得电源系统具有高度的复杂性和非线性。量化电源工作过程可以精确地反映电源系统在不同条件下的行为, 以实时了解电源系统的工作状态, 及时发现异常情况, 为故障预警和诊断提供可靠依据。

气象站 DY-01 电源的内部组成结构如图 2 所示。

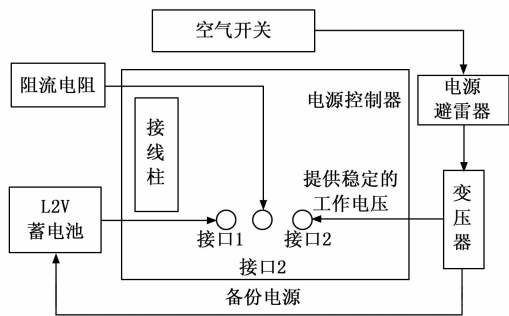


图 2 气象站 DY-01 电源内部组成结构图

如图 2 所示, 气象站 DY-01 电源在工作过程中, 外部电力通过供电线路进入气象站, 经过空气开关的安全保护后, 被送入变压器进行电压转换, 以适应气象站内部设备的用电需求。在转换过程中, 电源避雷器会发挥作用, 保护电路免受雷电等过电压的冲击。此外, L2V 蓄电池作为备用电源, 能在外部电力中断时, 通过内部化学反应持续为气象站提供电能。而电源控制器则负责监控和管理整个电源系统的状态, 确保电源的稳定输出, 并能在电源故障时提供报警和诊断信息^[7-8]。具体工作时, DY-01 会监测输入电压、输出电压和电流等关键参数, 并通过内置的控制算法进行智能调节, 以保证气象站设备的正常工作。气象站 DY-01 电源的工作过程可以量化表示为:

$$\begin{cases} U_{in} = U_{rms} \times \sqrt{2} \\ U_{rect} = U_{in} \times \delta \\ U_{filter} = \kappa_{filter} \cdot U_{rect} \\ U_{out} = \frac{U_{filter}}{R_{load}} \end{cases} \quad (1)$$

式中, U_{rms} 、 U_{in} 、 U_{rect} 、 U_{filter} 和 U_{out} 分别为输入交流电压的有效值、电源输入电压、整流电压、滤波电压和输

出电压, δ 、 κ_{filter} 和 R_{load} 对应的是整流器的导通占空比、滤波系数和负载电阻。

1.2 电源监测数据采集

DY-01 电源的某些故障表现为轻微电压波动或电流变化, 这些变化可能不易被察觉, 但长期存在会对设备造成损害或影响数据采集的准确性。因此以电压、电流、温度等工作参数为监测内容, 对其工作参数进行自动采集。其中, 电压采集原理如图 3 所示。

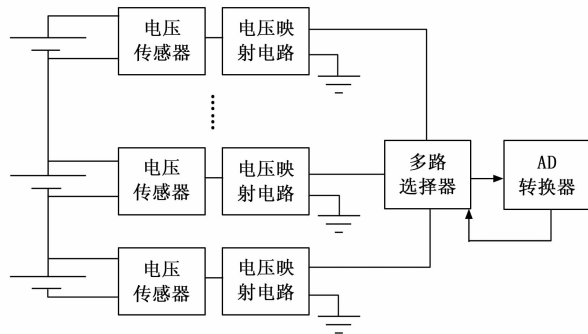


图 3 气象站 DY-01 电源电压自动采集原理图

按照图 3 表示的自动采集原理, 利用高精度电压传感器, 将电源输出的电压信号转换为数字信号, 根据传感器的输出值, 结合预设的校准系数和偏移量, 得出任意时刻气象站 DY-01 电源实际工作电压的自动采集结果, 即:

$$x(t) = U_{sensor}(t) \times \kappa_{calibration} + U_{shifting}(t) \quad (2)$$

其中: $U_{sensor}(t)$ 和 $U_{shifting}(t)$ 分别为 t 时刻传感器输出电压采集结果以及偏移量。 $U_{sensor}(t)$ 中包括 U_{rms} 、 U_{in} 、 U_{rect} 、 U_{filter} 和 U_{out} 。 $\kappa_{calibration}$ 为电压校准系数^[9]。

重复上述操作, 即可实现对电源电压数据的动态采集。按照图 3 的采集原理图布置电流传感器, 实现对电源工作电流的自动采集, 且电源内置的温度传感器能够精确感知设备的工作温度, 及时反映气象站设备的热状态, 通过有功功率、视在功率等数据的计算, 确定功率因数的具体取值, 由此实现气象站 DY-01 电源实时工作参数的自动采集^[10]。为保证数据的采集质量以及不同类型数据之间的可操作性, 需要对初始采集的电源工作数据进行处理, 处理过程为:

$$\begin{cases} x_{filterate}(t) = g_{filterate}[x(t)] \\ x_g(t) = x_{filterate}(t) \frac{x(t) - x_{min}(t)}{x_{max}(t) - x_{min}(t)} \end{cases} \quad (3)$$

式中, $g_{filterate}()$ 为数据过滤函数, $x_{max}(t)$ 和 $x_{min}(t)$ 分别为初始采集工作数据的最大值和最小值, 最终输出结果 $x_{filterate}(t)$ 和 $x_g(t)$ 分别为工作数据过滤与归一化处理结果, 由此得出满足质量要求的气象站 DY-01 电源工作数据动态采集结果^[11], 为故障状态的识别与监测提供

数据支持。

1.3 电源故障状态识别

气象站 DY-01 电源故障包括断电、电压波动、频率异常、过电流、过电压、缺相保护、短路保护、局部放电等故障。不同故障类型下，电源的标准运行特征不同。且由于气象站中数据的复杂性，容易忽略隐藏在数据中的电源故障特征。子空间混合相似度技术通过计算数据点在局部邻域内的子空间表示，来衡量数据点之间的关联程度，从而能够捕捉数据的局部结构，以突显电源故障数据。

以采集的气象站 DY-01 电源监测数据采集结果作为处理对象，利用子空间混合相似度技术，通过特征提取与相似度计算，判断电源的故障状态以及故障类型^[12]。子空间混合相似度技术原理如图 4 所示。

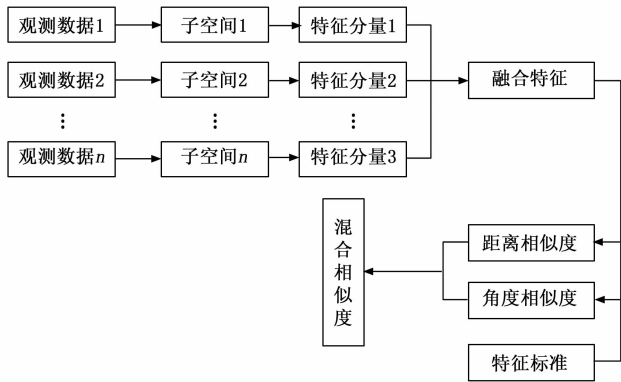


图 4 子空间混合相似度技术原理图

根据气象站 DY-01 电源监测数据的采集结果 $x_g(t)$ ，构建观测数据矩阵，将构建结果标记为 X ，其维度为 $n_x \times n_b$ ， n_x 和 n_b 分别为电源监测样本数量以及观测变量数量。利用独立成分分析法求解混矩阵 W ，将解混矩阵求解结果视为投影矩阵，将观测数据投影到由混矩阵的行向量张成的子空间中，得出子空间的构建结果为：

$$K = WX^{\kappa_{\text{projection}}} \quad (4)$$

其中： $\kappa_{\text{projection}}$ 为投影系数^[13]。公式 (4) 表示的构建子空间为独立成分分析得到的特征子空间。构建子空间为电源运行特征的提取提供环境介质。

在构建的子空间中，从时域和频域两个方面提取气象站 DY-01 电源的运行特征^[14]，时域特征具体包括波动率、峰谷差、均方根等特征分量，将构建的子空间代入到公式 (5) 中，即可得出时域特征分量的提取结果：

$$\begin{cases} \tau_{\text{fluctuate}} = \frac{K[x(t_2) - x(t_1)]}{t_2 - t_1} \\ \tau_{\text{difference}} = K[\max(x) - \min(x)] \\ \tau_x = K \left[\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_x} x_i^2}{n_x}} \right] \end{cases} \quad (5)$$

式中， $x(t_1)$ 和 $x(t_2)$ 分别为 t_1 和 t_2 时刻采集的电源工作数据， n_x 为数据采集量， $\max()$ 和 $\min()$ 分别为最大值和最小值的求解函数^[15]。

频域特征分量的提取结果为：

$$\tau_{\text{frequency}} = \sum_{i=1}^{n_x-1} x(i) \cdot e^{-2\pi i/n_x K n_x} \quad (6)$$

式中， $x(i)$ 为频域信号。

由此得出气象站 DY-01 电源工作特征分量的提取结果，采用加权融合的方式，将时域和频域特征分量进行融合，得出电源综合工作特征的提取结果，以直接反映电源工作电压、漏电量等现象。更全面地捕捉电源的故障特征，提高故障识别的准确性。

为保证电源故障状态的识别结果，采用混合相似度的方式进行特征匹配，并计算混合相似度指标的具体取值^[16]。混合相似度混合了距离相似度和角度相似度两个部分，距离相似度可以帮助识别电源数据点与正常状态或已知故障状态数据点之间的距离。如果距离相似度较低（即距离较远），则可能表明电源存在故障。角度相似度能够捕捉电源数据点在特征空间中的方向变化，通过计算当前电源数据点与已知故障类型数据点之间的角度相似度，可以进一步确定电源的故障类型。相似度分量的计算公式如下：

$$\begin{cases} \varphi_d(i) = \sqrt{[\lambda(i) - \tau]^2} \\ \varphi_\theta(i) = \frac{\lambda(i) \cdot \tau}{\|\lambda(i)\| \cdot \|\tau\|} \end{cases} \quad (7)$$

其中： $\lambda(i)$ 和 τ 为 i 类电源故障的标准特征以及提取的电源工作特征。则混合相似度的计算结果为：

$$\varphi(i) = \bar{\omega}_d \cdot \varphi_d(i) \otimes \bar{\omega}_\theta \cdot \varphi_\theta(i) \quad (8)$$

式中， \otimes 为两种相似度分量的混合符号， $\bar{\omega}_d$ 和 $\bar{\omega}_\theta$ 分别为距离和角度相似度的混合权重系数。将提取的气象站 DY-01 电源运行特征代入公式 (8) 中，即可得出混合相似度的计算结果。

由此，利用统计方法，根据混合相似度的分布情况，设定一个合理的相似度阈值，记为 φ_0 。将公式 (8) 的计算结果与设定的相似度阈值进行大小比较，若 $\varphi(i)$ 取值高于 φ_0 ，说明当前气象站 DY-01 电源处于故障状态，故障类型为 i ，否则认为当前电源与 i 对应标准特征不相似，即气象站 DY-01 电源不存在 i 类型故障^[17-18]。将设定的所有电源故障监测标准代入公式 (8) 中，若所有混合相似度计算结果均不满足设定的阈值条件，则说明当前气象站 DY-01 电源不处于故障状态。根据混合相似度计算结果与阈值之间的大小关系，可以得出气象站 DY-01 电源故障状态的监测结果。

综上所述，在子空间混合相似度技术支持下，按照图 5 表示的流程，实现气象站 DY-01 电源故障的智能

监测功能。

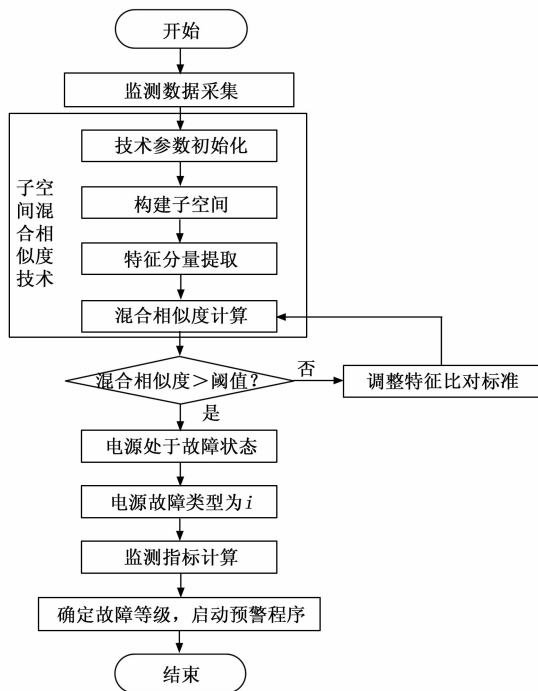


图 5 气象站 DY-01 电源故障智能监测流程

将气象站 DY-01 电源故障监测指标的求解结果进行可视化输出, 得出故障监测结果。在此基础上, 根据故障程度的智能监测结果, 启动不同的故障报警程序^[19]。将故障程度划分为轻微故障、中度故障和严重故障 3 种, 轻微故障指的是监测指标在允许范围内但接近阈值, 但略有波动, 仍在设备允许范围内, 中度故障指的是监测指标超出允许范围但持续时间较短, 严重故障是指输入电压持续超出允许范围, 且导致设备无法正常工作。上述 3 种故障程度分别对应 3 种故障预警程序, 轻微故障对应轻微故障预警, 通过日志记录轻微故障信息, 并通过短信或邮件等方式通知运维人员, 此时警示灯中的“绿灯”亮起^[20]。中等故障预警程序通过监测可视化输出界面显示故障信息, 并通过声光电等方式发出报警信号, 橙色警示灯亮起。而严重故障预警程序在中度故障预警程序的基础上, 通过电话或短信等方式直接通知运维人员, 亮起红色指示灯。按照上述方式实现气象站 DY-01 电源故障的监测与报警功能。

2 实验分析

2.1 实验设置

为了测试优化设计基于子空间混合相似度的气象站 DY-01 电源故障智能监测方法的运行性能, 以某气象站作为项目背景, 该气象站配备了自动气象站系统、雷达探测设备、卫星接收设备等, 能够实时监测和记录气

温、气压、湿度、风向、风速、降水量等气象要素, 同时配备了高效的数据传输与处理系统, 能够将观测数据实时传输至气象中心。并根据气象站中运行设备数量, 在不同位置上安装多个 DY-01 型号的电 源, 保证能够实现对多个气象设备的同步供电, 该电源产品编号为 1101750, 毛重约为 176 g。DY-01 型号电源具有 1.8 m 电源线, 采用直插式设计, 适用于多种设备连接需求。安装的电源数量共 66 个, 且型号均相同。且 DY-01 电源的输入电压为 260 V, 频率和效率分别为 55 Hz 和 77%, 最大交流电流为 0.4 A。

为满足基于子空间混合相似度的气象站 DY-01 电源故障智能监测方法的运行要求和基本运行条件, 使用可调电源或电压/电流控制器, 将 DY-01 电源的输入电压和电流调整至电压异常故障状态的故障状态值。在模拟故障状态的过程中, 启动数据采集设备, 开始记录 DY-01 电源的电压、电流等关键参数。并使用电压表和电流表等测量工具, 验证 DY-01 电源的输出电压和电流是否符合预设的故障状态。确保故障状态的真实性和可重复性, 以便准确评估监测方法的性能。由此得到的 DY-01 电源电压异常故障状态下的实际故障状态数据如表 1 所示, 以此作为验证电源故障智能监测精度性能的比对标准。

表 1 气象站 DY-01 电源电压异常故障状态下的实际故障状态数据

DY-01 电源样本编号	电压值/V	电流值/A	电压波动率/%
1	205	1.8	7.0
2	230	1.5	5.8
3	190	2.2	6.1
4	220	1.6	3.4
5	215	1.9	8.3
6	200	2.0	4.5
7	235	1.4	9.2
8	185	2.3	10.1

为保证优化设计的气象站 DY-01 电源故障智能监测方法能够成功调用子空间混合相似度技术, 需要对相关的技术参数进行设定。在子空间构建环节, 局部邻域大小参数取值为 5, 用来捕捉数据点的局部结构。距离和角度相似度混合权重系数取值分别为 0.1 和 0.2, 将所有技术参数的设定结果以数据形式输入到电源故障智能监测方法对应的运行程序中。

2.2 结果分析

在实验开始之前, 根据气象站 DY-01 电源的组成结构和工作原理, 收集正常运行状态下电源的电压、电流等工作参数, 作为故障监测比对参考数据。气象站

DY-01 的电源故障智能监测方法是在 WebStorm 环境下开发的, 该监测方法运用了 HTML、CSS 及 JavaScript 三种核心技术。HTML 负责页面的结构化标记, CSS 负责美化输出网页, 通过层叠样式表为页面元素赋予视觉样式, 而 JavaScript 专注于实现网页的动态交互功能。这三者协同工作, 旨在精准满足用户需求。至于 Web 后端的应用服务器程序, 是在 JavaResources 平台上开发的, 该程序的核心是监测功能, 它借助 Servlet 技术和 Ajax 技术, 实现了前端与后端的无缝对接, 从而确保了电源故障智能监测结果的直观可视化展示。通过气象站 DY-01 电源实时工作数据的监测、数据分析以及监测指标的求解, 得出不同工况下, 气象站 DY-01 电源对象的故障智能监测结果。图 6 表示的是电压异常故障状态, 1 号气象站 DY-01 电源故障的智能监测结果。

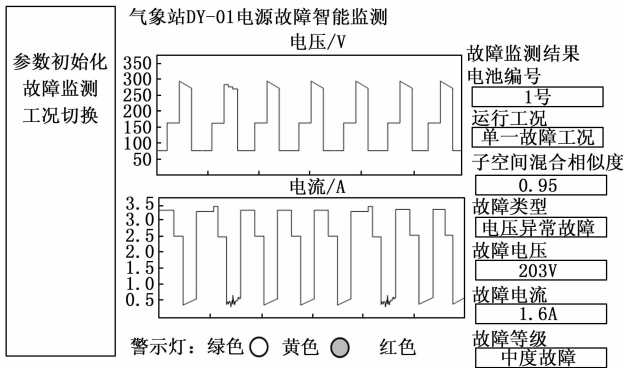


图 6 气象站 DY-01 电源故障智能监测结果

从图 6 中可以看出, 除电源对象故障类型、故障状态以及故障参数外, 还根据故障监测结果启动相应的预警程序。重复上述操作, 得出所有气象站 DY-01 电源样本在不同运行工况下的故障智能监测结果。实验设置传统的文献 [3] 方法和文献 [4] 方法作为实验对比, 在实验环境下完成对比方法的开发, 并得出对应气象站 DY-01 电源故障的监测结果。

在图 6 结果的基础上, 根据实验目的, 气象站 DY-01 电源故障监测性能的测试指标为故障电压和电流监测误差以及故障误警率, 其中监测误差的测试结果为:

$$\begin{cases} \epsilon_U = |U_{\text{monitor}} - U_{\text{actual}}| \\ \epsilon_I = |I_{\text{monitor}} - I_{\text{actual}}| \end{cases} \quad (9)$$

其中: U_{monitor} 和 I_{monitor} 分别为电压和电流的监测结果, U_{actual} 和 I_{actual} 为电源电压和电流的实际值。另外, 误警率指标的测试结果如下:

$$\gamma = \frac{n_{\text{err}}}{n_{\text{sample}}} \times 100\% \quad (10)$$

式中, n_{err} 和 n_{sample} 分别为监测方法错误报警数量以及电

源样本数量。最终计算得出监测误差和误警率取值越小, 证明对应方法的监测精度性能越优。另外, 监测范围性能的测试指标为覆盖系数, 该指标测试结果为:

$$\eta = \frac{n_{\text{monitor}}}{n_{\text{sample}}} \quad (11)$$

其中: n_{monitor} 为同步监测的气象站 DY-01 电源数量。计算得出覆盖系数取值越大, 说明对应方法的监测范围性能越优。

1) 故障监测精度性能测试:

通过气象站 DY-01 电源故障监测数据的统计, 得出故障电压和电流监测误差的测试结果, 如表 2 所示。

表 2 电源故障电压和电流监测误差测试数据表

电源样本编号	文献[3]方法		文献[4]方法		所提方法	
	电压值 /V	电流值 /A	电压值 /V	电流值 /A	电压值 /V	电流值 /A
1	208	1.3	202	1.5	203	1.6
2	235	1.2	233	1.4	231	1.5
3	196	2.0	192	2.0	190	2.1
4	225	1.1	222	1.4	221	1.5
5	210	1.2	211	1.5	215	1.8
6	206	2.4	202	2.3	200	2.0
7	230	1.8	231	1.6	232	1.5
8	180	2.7	181	2.5	182	2.2

通过平均值计算, 得出 3 种故障监测方法故障电压的平均监测误差分别为 5.0、3.0 和 1.3 V, 故障电流监测误差的平均值分别为 0.43、0.24 和 0.09 A。通过对故障预警记录的调取以及公式 (10) 的计算, 得出误警率指标的测试对比结果, 如图 7 所示。

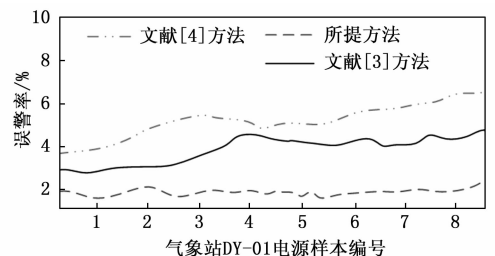


图 7 电源故障智能监测方法误警率测试对比曲线

从图 7 中可以看出, 所提方法的误警率在 2% 以下, 相对较低。综合上述 3 个指标的测试结果, 证明优化设计方法具有更优的故障监测精度性能。

2) 故障监测范围测试:

在不同的故障工况下, 气象站 DY-01 电源故障智能监测范围的测试对比结果, 如图 8 所示。

图 8 中的实验组别表示实验执行次数。分析图 8 的数据可知, 随着实验执行次数的增加, 所提方法的监测

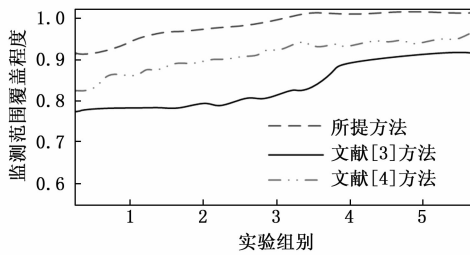


图8 气象站 DY-01 电源故障智能监测范围测试结果

范围覆盖程度逐渐上升, 并无限接近 1.0。表明所提方法应用后, 可以确保电源设备的各个部分和各个运行状态都被有效监控, 从而提高故障检测的准确性和及时性。

3 结束语

DY-01 电源具有高效、稳定、可靠等特点, 能够将输入的交流电或直流电转换为气象站所需的工作电压和电流, 确保气象站各部件能够正常工作。气象站电源的故障可能产生多方面的负面影响, 包括影响气象数据的准确性和完整性、影响气象预报和服务质量、对气象站设备和系统的损害、对科研和学术研究的干扰以及对社会经济的影响。因此, 必须高度重视气象站电源系统的维护和管理, 确保气象站的稳定运行和数据的准确性。在此次研究中, 通过电源故障智能监测方法的优化设计, 在保证监测范围的情况下, 最大程度地提高故障的监测精度, 对于气象站的供电稳定具有积极意义。然而上述监测方法仅考虑正常运行条件, 未考虑恶劣天气条件, 因此无法保证该方法在极端天气下的运行性能, 因此在未来工作中需要对相关实验数据进行补充, 为气象预报和科学研究提供可靠的数据支持。

参考文献:

- [1] 王振超, 陈雪娇, 刘 妹, 等. 微型智能气象站降雨观测对比试验 [J]. 应用气象学报, 2023, 34 (4): 438 - 450.
- [2] 黎 超, 龚春芬. 基于 $\mu\text{COS-II}$ 的自动气象站检测仪设计 [J]. 现代电子技术, 2023, 46 (8): 159 - 163.
- [3] 庞景月, 赵光权. 数字孪生驱动多算法自适应选择的空电源系统故障检测 [J]. 电子测量与仪器学报, 2022, 36 (6): 91 - 99.
- [4] WANG G, YANG J H, JIAO J F. Voltage correlation-based principal component analysis method for short circuit fault diagnosis of series battery pack [J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2023, 70 (9): 9025 - 9034.
- [5] 唐圣学, 马晨阳, 勾 泽. 基于时频特征融合与 GWO-ELM 的棒控电源早期故障状态辨识方法 [J]. 仪器仪表学报, 2023, 44 (1): 121 - 130.
- [6] ZHANG H D, LIU Z T, SU H Y. Fuzzy-Kalman-filter-based short-circuit fault diagnosis design for lithium-ion battery [J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2024, 71 (3): 2883 - 2892.
- [7] 冀肖彤, 柳 丹, 肖 繁, 等. 基于无功电流波形相关性的逆变型电源电站送出线故障方向判别原理 [J]. 高压技术, 2023, 49 (11): 4816 - 4826.
- [8] 梁 剑, 黄志鸿, 张可人. 基于多尺度引导滤波和决策融合的电力设备热故障诊断方法研究 [J]. 红外技术, 2022, 44 (12): 1344 - 1350.
- [9] 托 娅, 王 伟, 毛华敏, 等. 基于机器学习的电力设备故障红外智能诊断方法 [J]. 河南理工大学学报 (自然科学版), 2022, 41 (5): 121 - 126.
- [10] 周海成, 石恒初, 曾令森, 等. 基于关系超图增强 Transformer 的智能站二次设备故障诊断研究 [J]. 电力系统保护与控制, 2024, 52 (12): 123 - 132.
- [11] 王旭亿, 严冬松, 高崧苑, 等. 基于 LoRa 的轨道交通非接触式供电装置监测系统设计 [J]. 仪表技术与传感器, 2023 (10): 52 - 55.
- [13] 李可萌, 陈富国, 杨 晖, 等. 基于姿态传感器的高压隔离开关机械故障智能诊断研究 [J]. 电网技术, 2023, 47 (9): 3781 - 3790.
- [14] 徐传超, 刘 月, 付经伦. 基于时间序列图谱化的轴承故障诊断方法研究 [J]. 计算机仿真, 2022, 39 (6): 484 - 489.
- [15] 王 洋, 杨 立. 旋转机械红外智能状态监测与故障诊断 [J]. 光学精密工程, 2022, 30 (16): 1905 - 1914.
- [16] 曹志强, 陈 洁. 智能电网中基于批标准化 LSTM 的互感器故障诊断技术 [J]. 电力科学与技术学报, 2023, 38 (6): 152 - 158.
- [17] 王清波, 汤 哲, 代正元, 等. MOA 潜伏性故障检出率偏低的原因及其状态监测优化方案研究 [J]. 高压电器, 2023, 59 (11): 110 - 118.
- [18] 裴 瑶, 武建文, 马速良, 等. 基于多特征评估与 XG-Boost 的高压断路器故障诊断 [J]. 高压电器, 2023, 59 (4): 1 - 9.
- [19] 朱吉然, 牟龙华, 郭文明. 考虑并网运行微电网故障方向识别的逆变型分布式电源故障控制 [J]. 电工技术学报, 2022, 37 (3): 634 - 644.
- [20] 徐 潜, 王 彤, 王增平. 计及锁相环和电流内环暂态过程的逆变型电源故障电流解析方法 [J]. 电网技术, 2024, 48 (6): 2603 - 2612.