

变电设备故障诊断系统设计研究

张忠谋

(黄冈供电公司黄冈东源电业集团有限公司建设分公司 湖北省黄冈市 438000)

随着电力系统的快速发展，变电设备在电力系统中的地位日益重要，其安全运行直接关系到电力系统的稳定性和可靠性。然而，由于各种原因，变电设备常常会出现故障，对电力系统的运行造成影响。因此，研究变电设备故障诊断系统的设计具有重要的理论和实际意义。

1 研究背景

针对现有技术中存在的问题，本文拟将 PMS 应用于变电设备故障诊断中，PMS 是 SG186 项目 8 大应用中最大、最复杂的一个应用，采用 AVA 技术路线和面向服务 (SOA) 的思想，使整个系统的兼容性和开放性得到了最大化的发挥，同时还具备了很强的稳定性和抗干扰素力，能够对变电设备的状态进行实时监测。在电网运行过程中，当电网发生故障时，PMS 能够及时发现和预警，从而将损失降到最低，具有很高的实用价值。在此基础上，采用传感技术对其进行信号采集，并对其进行影像处理，建立基于信号频谱的信号频谱特征提取模型，通过对信号的频谱和频谱的分析，实现信号特征提取与诊断^[1]。建立基于 PMS 的多参数智能巡检方法，对其进行故障诊断。通过模拟试验与分析，验证所提出的方法在提升变电设备故障诊断能力上优越性。

2 系统设计关键技术与信息采样

2.1 系统总体设计架构

将智能感知与辨识技术相结合，建立变电设备的信息获取模型，并将其与信息特征象融合，提出基于多源数据融合的变电设备故障诊断模型，以高集成度的感知辨识为手段，研究变电设备故障关联特征量的提取方法，建立变电设备故障诊断与参量定量评价模型，采集模型库 OSI 模型结构见图 1。

根据图 1 所示传感信息 OSI 模型结构图，采用红外热成像传感器和振动传感器来收集红外热像、温湿度、振动波等多参数数据，而后利用工况特征分析方法对这些数据进行处理，从而实现故障诊断识别。这一过程主要通过完成多参量自诊断智能巡检终端设计来实现，终端能够自主进行多参量自诊断智能巡检和特征分析。为了更好地理解和处理这些数据，还需要构建一个多参量自诊断智能参数分析模型，通过这一模型得到变电设备故障诊断的总体结构，如图 2 所示。这一结构不仅有助

于快速准确地诊断故障，还能够在一定程度上降低变电设备故障率，从而提高变电设备的使用寿命和运行效率。



图 1 采集模型库 OSI 模型

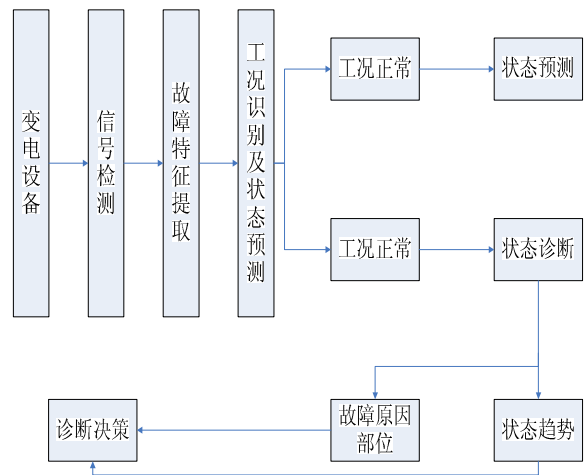


图 2 变电设备故障诊断整体结构

2.2 故障诊断信息采样

在图 2 中，构建了变电设备故障诊断系统的总体结构模型，该模型基于传感器技术进行故障信息的采集和热成像处理，采用便携式设备来对故障信息进行采集，可以方便在现场进行快速的数据收集。采集到的变电设备故障信息需要进行模糊度检测和融合识别，这是为确保我们能够准确地判断出设备的故障类型，此过程是通

过将采集到的信息与数据库中的数据进行对比,从而实现故障信息的识别。在完成故障信息识别后,将信息存储在数据库终端中,以便进行进一步的分析和处理,从而得到变电设备故障信息采样实现流程,如图3所示。

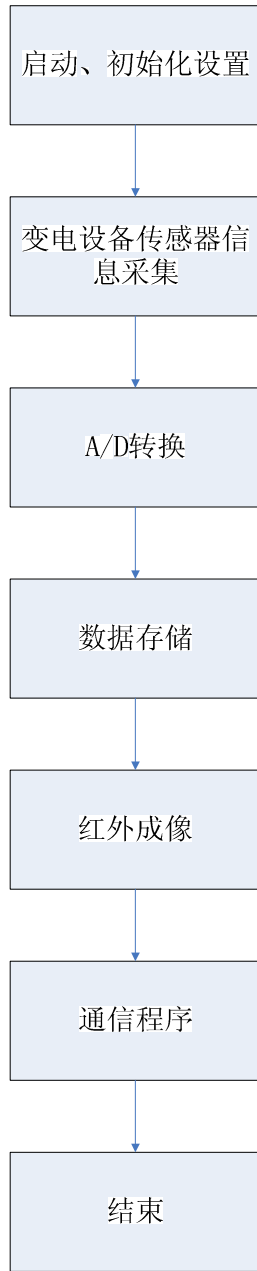


图3 变电设备故障信息采样流程

根据图3,变电设备故障信息采样后通过运用可见光视频图像跟踪这一方法,便能够得出变电设备故障组成像数据输出,详情见式(1)。

$$A = b \sum_{k=0} u_k, \quad (1)$$

其中, B 代表变电设备成像相似性, $U = \{u_0, u_1, \dots, u_R\}$, R 代表图像序数,随后通过引入

红外热成像沐足,得出变电设备红外成像关联系数见式(2)。

$$B = A \{u_0, u_1, \dots, u_R\} \quad (2)$$

而后,通过温度计、红外、可见光联合等几项检测防护,所得出可见光+红外成像特这个提取输出见式(3)。

$$C = \frac{\sum_{k=0}^{ur} W_i}{B C_i} - \eta_R, \quad (3)$$

在式(3)当中, $C_i (i = 0, 1, \dots, R)$ 用于代表变电设备红外程序分布距离,确保其能够促使标准差得到充分满足,同时所得出特征分类也能够充分满足 $\eta_r \in \{-1, 0, 1\}$, 随后可得出 $W_i (i = 0, 1, \dots, R)$ 这一水平集函数。通过上述分析后,便可开展变电设备红外成像数据采集模型建立工作,促使相关数据采集能够高效完成。

3 设备状态评估模型

3.1 专家系统框架

专家系统是一种通过计算机编程,模仿人类专家求解某一特定领域中的问题,并运用相应的推理方法,对一些复杂的问题进行求解。该系统由知识库、推理机、综合数据库和人机交互四大部分组成。该专家系统的工作流程是:通过对收集到的状态信息数据进行相应的处理,并将其属性数据输入到合成数据库,再根据知识库中的相应诊断知识,进行相应的推理。通过判断设备的工作状况,解释程序根据相应的解释性知识,给出故障诊断结果的解释。(1) 知识库。知识库是将某一特定领域的专家的知识,其中包含了实际情况以及可能的运行规则。(2) 集成数据库,也被称之为全局数据库,是用来保存问题的原始数据以及在推理中获得的暂存数据^[2]。

(3) 推理机是指基于已有的数据库中的现有内容,从知识库中选取与之相匹配的规则,并对其进行相应的规则修改,然后在持续的推理过程中对问题进行探讨。在推理引擎中,包括了从知识库中选取规则的策略,和在存在多条可供使用的规则的情况下,消除规则冲突的方法。

(4) 解释器,其主要功能是对专家系统的操作进行说明,并对“系统如何得出此结论”“系统为何要提问”等问题进行说明。(5) 人机界面是该系统和使用者之间的对话接口。使用者透过人机界面,进行必要的资料输入,提问,得出推论的结果,并由系统做出的说明。该系统采用人机界面,请求用户对系统提出的问题进行搜索,并对其进行解答。

3.2 设备状态评估知识表达

在专家系统中,如何选取不同的知识表达方式,不

但关系到知识的储存效率，而且也关系到系统对知识的获取与利用。当前，在故障诊断中应用较多的是产生式和框架两种。产生式表示（规则表示）是一种以规则为基础的表达式，能够高效地描述表面知识，但无法对其前提与结论的关系进行合理解释。框架表述是指将事物、情况等作为研究对象，能够有效地描述所表述的相关事物的各类知识。产生式表征是指一种故障与其他或多种症状之间确定性或不确定性的对应，并能高效地表达诊断知识的含义。而框架表示方法可以从多个角度综合描述各类事物和知识，是对产生式表示的有益补充，不仅可以对前者所述的每个规则进行原理性的说明，还可以根据知识库的结构需求，将诊断知识与知识库的结构联系，形成完整网络^[3]。框架表示方法不仅可以用于知识库的表示和推理，还可以用于自然语言处理、机器学习、数据挖掘等领域，在这些领域中，框架表示方法可以帮助我们更好地理解语言、数据和知识，从而更好地应用人工智能技术来解决实际问题。

3.3 设备状态评估模型

在设备状态评价方面，需要突破传统维修、高压试验、油气分析等多个学科的界限，打破传统的以是否满足性能指标为标准的判定标准，紧密围绕变压器绝缘、导电和机械三个主要性能指标，运用平衡计分法，对设备的运行状况和健康状况进行评分。评分为 100 分，100 分表示设备状况完好，不需要维修。在其他情况下，得分范围为 0 到 100。具体标准见表 1，设备状态评估模型见图 4。

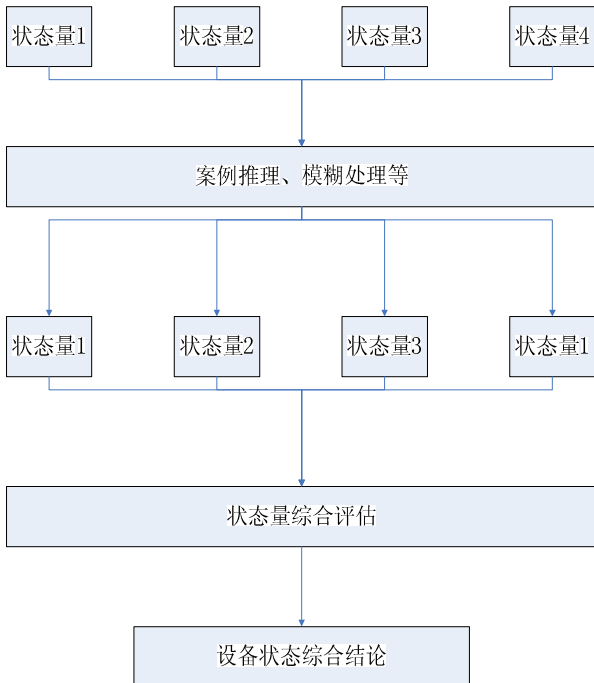


图 4 设备状态评估模型

表 1 设备状态评分标准

| 评分 | 0-20 | 21-40 | 41-60 | 41-80 | 81-100 |
|------|------|-------|-------|-------|--------|
| 设备状态 | 不良 | 注意 | 一般 | 较好 | 良好 |
| 维护策略 | 立即检修 | 尽快检修 | 优先安排 | 延期 | 眼前亏 |

图 4 中状态量综合苹果采用加权平均计算方法见式 (4)。

$$F = \frac{\sum_i w_i \times \varepsilon_{ij} \times \alpha_i}{\sum_i w_i \times \varepsilon_{ij}} \quad (4)$$

其中：F 是性能评价结果， w_i 是第 i 个状态量的加权。 ε_{ij} 是第 i 个状态量对于第 j 个性能的隶属程度。 α_i 是对不同状态量进行分析的结果，用分数来表达。在工程实践中，若要使用负向估算，以凸显问题所反映的信息，可使用极值方法；也就是说，在所有的绩效评价指标中，最差的绩效指标，特别是重要的状态指标是最差的，可以增加它们的权重，会对综合评估的成绩产生直接的影响，严重的话，还会被一票否决。

4 变电设备故障诊断系统优化

4.1 变电设备故障信息 PMS 特征提取

采用多参数自诊断智能巡检技术，建立基于 PMS 的多参数自诊断智能巡检模型。通过采集输电线路、输电设备的故障样本时域波形，并与传感器红外图像追踪技术相结合，获得输电线路传输装备故障样本的红外图像像元，其计算方式见式 (5)。

$$D = \sin b \sqrt{\frac{C + \cos \eta_R}{W_i}} \quad (5)$$

通过对运行中的变压器和 GIS 等高压变压器的数据融合追踪辨识，获得了变电设备的局部诊断信号，输出方式见式 (6)。

$$E = \frac{D}{\ln W_i + C} \quad (6)$$

利用 XRF 频谱特性及频率域波形探测技术，研究变电设备的故障分布宽，计算方式见式 (7)。

$$F = W_i (RE + \lambda) \quad (7)$$

在变电设备的故障检测与诊断过程中，红外光谱成像技术发挥着重要作用，通过对设备的红外光谱进行成像，可以得到一系列的检测统计特征量，这些特征量有助于我们了解设备的运行状态，从而为故障诊断提供依

据,在 PMS 系统帮助下,得到变电设备红外成像的输出光谱密度特征量,计算方式见式(8)。

$$G = \frac{\lambda(t+1)\eta_i}{Fc_i} \quad (8)$$

经过式(8)计算后,可得出视频、红外、局部放射特征等信息。

4.2 算法实现

利用模糊数学、证据理论和神经网络相结合的技术,对变电设备进行了故障诊断。数据包含:预防性测试数据,实时监测数据,巡检数据,生产过程数据等。每一个参数中,都含有两种类型的数据,一种是目前操作参数,另一种是变动趋势。该方法还包括两个阶段:第一个阶段是获得可信度函数。本项目拟通过分析各类失效导致的装备性能指标的演变,构建各失效模式下各参数与失效模式的模糊隶属度,并依据置信度函数准则,将相同参数的模糊隶属度归一化即,相同参数在同一线上的可信度函数总和为 1,获得相应于错误种类的置信度函数。第二步:整合证据^[4]。所谓的“融合”,其实就是根据丹普斯特综合规则来进行综合。丹普斯特综合定律是一条反映了证据联结的定律。对于多个相同的鉴别结构,在多个不同的鉴定标准下,若这些鉴定依据的可靠性并不相互矛盾,则可以使用组合规则来求出一个可信函数,并以此来确定若干批次的综合可靠性。

在 Windows 的多层次客户端/服务器体系结构上,使用 Oracle 大数据库作为系统的架构数据和历史数据存储媒体,实现了数据的管理以数据服务为中心,在公司的关键计算机节点上进行应用服务的分布式控制。根据用户的需要,将客户机随意安装在每个企业的电脑节点上。同时,还可以对应用服务器软件进行远程维护和升级。在此过程中,还可以对软件版本进行自动地检查。这样,在不需要对客户端软件的功能进行手动升级的情况下,就可以实现对客户端软件的功能进行升级。通过对应应用数据与各个业务功能模块的集成,实现了数据模型与功能模块的共享与重用。

5 系统测试分析

系统测试分析是对变电设备故障诊断系统进行测试和分析的重要步骤,可以帮助验证系统的有效性和准确性。本研究采用实际数据进行系统测试分析,通过对数

据进行处理和分析,得出了系统的测试结果。再进行系统测试分析之前,需要对数据进行预处理,包括数据清洗、去噪、缺失值处理等。预处理完成后,将数据输入到变电设备故障诊断系统中,进行测试和分析。系统测试分析的过程中,采用了多种方法和技术,包括统计分析、机器学习、数据挖掘等。通过对测试结果的分析,可以得出系统的准确性和效率,以及系统的优点和不足之处^[5]。在本研究中,通过对实际数据的系统测试分析,验证了变电设备故障诊断系统的有效性和准确性。测试结果表明,该系统具有较高的准确率和效率,可以帮助电力公司快速准确地诊断故障,提高设备的可靠性和安全性。除了验证系统的有效性和准确性外,系统测试分析还可以帮助发现系统的不足之处,为系统的改进提供参考。本研究中也发现了一些系统的不足之处,如对于某些特殊故障的诊断准确率较低,需要进一步改进。

结语

为了解决变电设备在扰动条件下的故障诊断问题,论文首先建立了变电设备的整体设计框架,并利用便携设备进行了故障信息的采集。在此基础上,采用传感技术对其进行故障信息的获取及影像处理,建立基于信号频谱的输电装备故障信号的频谱特征提取模型,并通过对其进行频谱分析,实现对其故障特征的提取与诊断。在此基础上,建立基于 PMS 的多参数智能巡检方法,对其进行故障诊断。最终,采用高集成度的感知信息处理与实时在线监测技术,对输电网装备的健康状况与运行趋势做出评估与预测,从而达到实时故障诊断的目的。

参考文献:

- [1]王连庄;王海天.基于大数据挖掘的变电设备故障诊断与预警研究[J].科学技术创新,2022,(26):50-53.
- [2]陈进;邢占礼;张陵;王陆陆;徐浩.基于 PMS 的输变电设备故障诊断系统设计[J].测试技术学报,2022,36(05):449-454.
- [3]赵洪海.电力系统中变电运行的安全管理与设备维护问题分析[J].中国设备工程,2021,(24):60-61.
- [4]侯阳阳.电力变压器故障诊断与状态检修方法[J].电子技术,2021,50(01):140-141.
- [5]田嘉瑞.电力系统变电设备在线监测技术应用研究[J].现代工业经济和信息化,2020,10(10):97-98.