

电力计量装置故障检测与诊断技术研究

黄志娟¹ 盛超² 沈建强²

1.嘉兴市长三角人力资源开发中心经开分中心 浙江 嘉兴 314000

2.嘉兴市恒光电力建设有限责任公司工程服务分公司 浙江 嘉兴 314000

【摘要】：电力计量装置作为电力系统中的重要组成部分，其准确性和可靠性对于电力系统的稳定运行和电能贸易的公平性具有至关重要的意义。然而，在实际运行过程中，电力计量装置难免会出现各种故障，这些故障不仅会影响计量的准确性，还可能对电力系统的安全运行构成威胁。因此，开展电力计量装置故障检测与诊断技术的研究，对于提高电力系统的运行效率和保障电能计量的准确性具有重要的现实意义。本文首先分析了电力计量装置的常见故障类型，包括电压互感器故障、电流互感器故障、电能表故障以及二次回路故障等；接着探讨了基于硬件冗余、信号处理和人工智能的故障检测与诊断技术；最后展望了电力计量装置故障检测与诊断技术的未来发展趋势。

【关键词】：电力计量装置；故障检测；诊断技术

DOI:10.12417/2705-0998.25.21.030

引言

电力计量装置在电力系统中占据着核心地位，其精准度与稳定性直接关系到电力系统的整体运行效能以及电能交易的公正性。然而，在电力计量装置的实际应用中，由于环境因素、设备老化、操作不当等多种原因，故障现象时有发生。这些故障不仅会导致计量数据出现偏差，影响电力交易的公平性，还可能对电力系统的安全稳定运行构成潜在威胁。因此，对电力计量装置故障检测与诊断技术的研究显得尤为重要且迫切。

1 电力计量装置常见故障类型

1.1 电压互感器故障

(1) 在高电压环境下长期运行，电压互感器的绝缘材料很可能会出现老化、受潮的情况，导致绝缘性能下降，发生绝缘击穿等故障情况，进而导致电压互感器的二次侧输出电压发生异常，对电力计量的准确性产生不良影响。(2) 二次侧线路接触不良、熔断器熔断等原因都会导致电压互感器二次侧开路。此时，二次侧电流为0，电压互感器铁芯磁通会急剧增加，导致感应电动势很高，在对电压互感器造成损坏的同时，还会对工作人员的安全构成威胁。(3) 电压互感器在制造过程中如果存在工艺缺陷或在运行过程中受到外界磁场干扰，会导致其变比误差超出允许范围，形成电力计量误差。

1.2 电流互感器故障

(1) 电流互感器二次侧绕组匝数较多，在正常运行时二次侧接近于短路状态。如果出现二次侧线路短路的情况，短路电流会急剧增大，导致电流互感器绕组出现烧毁的情况，影响电力计量的准确性。(2) 如果电力系统出现短路故障，其负荷电流过大，电流互感器铁芯中的磁通密度会迅速增加，导致铁芯饱和。在铁芯饱和以后，电流互感器的传变特性会发生一定的变化，导致二次侧电流波形出现畸变，对电力计量的准确性产生影响，如果影响加深，很可能会出现继电保护装置误动

作的情况。(3) 绝缘损坏故障和电压互感器具有一定的相似性，电流互感器的绝缘很可能会出于长期运行、受潮、过热等一系列原因出现损坏，这种情况下会导致电流互感器的一次侧与二次侧之间漏电，对设备的正常运行产生影响，进而导致电力计量出现偏差。

1.3 电能表故障

(1) 传统感应式电能表的转盘、轴承等内部转动部件在长期运行过程中可能会出现磨损、卡滞的情况，导致电能表转速异常，影响计量结果。(2) 在智能电表表中，电能表的芯片、电容和电阻等电子元件可能会因为各种因素影响而出现故障，会导致电能表数据采集错误、通信异常。一旦发生电容漏电的情况，还会对电能表的电压采样精度产生影响，这些问题都会影响电力计量的准确性。除此之外，智能电表若长期处于恶劣环境，如高温、高湿、强电磁干扰等，其内部电路板可能会受潮、氧化，导致电路短路或断路，使得电能表无法正常工作，出现计量不准确甚至黑屏等故障。同时，软件程序错误也是智能电表可能出现的问题，比如程序跑飞、死机等，这同样会造成电力计量出现偏差。

1.4 二次回路故障

在电力计量装置的安装和维护过程中，一旦发生如电压回路和电流回路接反、相序接错等二次回路接线错误，则会导致电能表计量错误。(2) 二次回路中的接线端子、插头插座等部位会因松动、氧化等原因出现接触不良现象，使二次回路电阻增大，电压降增加，对电压互感器和电流互感器二次侧信号的传输产生不良影响。(3) 二次回路所使用的电缆会在外力损伤、绝缘老化等原因下出现短路、断路等故障，导致二次回路信号传输中断，使电力计量装置无法正常工作。二次回路中的熔断器若发生熔断，同样会切断信号传输路径，造成计量装置数据缺失或显示异常。此外，二次回路中的互感器极性接反

或变比错误,会直接导致计量倍率偏差,使电能表记录的电量与实际用电量产生较大误差。这些故障若未及时排查和处理,将严重影响电力计量的准确性和可靠性。

2 电力计量装置故障检测与诊断技术

2.1 基于硬件冗余的故障检测技术

硬件冗余能够通过增加额外的硬件设备有效提高系统的可靠性,可以在电力计量装置的关键测点附近进行传感器布置。如果某个传感器的输出数据和其他传感器存在一定的差异,则说明该传感器出现故障。当检测到传感器故障时,系统会发出警报,可采取必要的措施,避免故障传感器影响计量结果,确保计量装置在出现故障时仍能正常工作。如果多个测量值之间的差异超出允许范围,说明存在故障,可以实时比较多个传感器的输出数据,快速检测到传感器故障,通过数据融合算法,利用其他正常工作的传感器数据计算准确的计量结果,增强系统的容错能力。

2.2 基于信号处理的故障检测技术

基于信号处理的故障检测技术能够通过分析和处理传感器采集到的信号有效提取特征信息,实现对设备故障的检测与诊断。

2.2.1 时域分析方法

时域分析方法通过对电力计量装置输出信号的幅值、相位、波形等时域特征进行分析,对装置的运行情况进行判断,可以有效监测电压互感器二次侧输出电压的幅值,一旦幅值超出正常范围,则很可能存在电压互感器故障。同时,该方法还能对电流互感器二次侧输出电流的相位变化进行监测,若相位出现异常偏移,也能据此判断电流互感器可能出现了故障。对于电能表,通过分析其输出信号的波形畸变情况,若波形与正常状态下的标准波形差异明显,就可以初步认定电能表存在运行故障。在二次回路方面,时域分析方法可对回路中信号的传输时间进行检测,当传输时间超出设定的正常时间范围时,就意味着二次回路可能出现了断路、短路等故障。

2.2.2 频域分析方法

频域分析方法将电力计量装置输出信号从时域转换到频域,通过分析信号在频域上的特性,揭示信号或系统的内在规律和性能,对频率成分的变化情况进行分析,进而检测故障。对不同类型的故障而言,会导致信号在频域上表现出不同的特征。频域分析方法可以用于分析控制系统的稳定性和动态性能,通过绘制系统的伯德图或奈奎斯特图,可以直观地判断系统的稳定性和裕量。

2.2.3 小波分析方法

小波分析作为一种时频分析方法,可以分析信号的多分辨率,在不同的时间尺度上观察信号特征。如果电力计量装置输

出的是非平稳信号,小波分析能够有效提取信号中的突变信息和故障特征。在检测电能表故障时,利用小波变换分解电能表输出的电压和电流信号对小波系数的变化情况进行分析,能判断出电能表是否存在故障。

2.3 基于人工智能的故障诊断技术

2.3.1 人工神经网络

人工神经网络能够进行生物神经系统结构和功能的信息处理系统的模拟工作。在进行电力计量装置故障诊断时,可以采用多层前馈神经网络,输入电力计量装置中的电压、电流和功率等运行参数,经过神经网络的学习,训练构建输入参数与故障类型之间的映射关系。如果输入新的运行参数,神经网络可以根据已学习到的知识对电力计量装置是否存在故障进行判定,并且可以分析出故障类型。这种方法主要是将大量的电力计量装置故障数据和正常运行数据作为样本,实现对神经网络的训练。在训练过程中,可以对神经网络的权重和阈值进行不断调整,确保网络的输出结果能够和实际的故障类型最为接近。在训练完成以后,可以将神经网络应用于实际的电力计量装置故障诊断中,能够有效提高故障诊断的效率和准确性。

2.3.2 支持向量机

支持向量机主要是基于统计学习理论的一种分类方法,可以通过最优分类超平面的寻找工作,将不同类别的样本尽可能地分开。对电力计量装置故障诊断而言,可将电力计量装置的正常运行状态和各种故障状态看作不同的类别,运用支持向量机对采集的运行数据进行分类,进而有效判定电力计量装置的工作状态。在二维空间中,超平面是一条直线;在更高维度的空间中,超平面是一个线性子空间。支持向量机能够找到一个最优的超平面,使不同类别的样本完全分开,不但分类正确,而且分类间隔最大化。支持向量机在小样本、非线性分类问题上具有较好的性能,和人工神经网络进行比较,这种方法不需要大量的训练样本,能最大限度地避免神经网络存在的过拟合问题。

2.3.3 专家系统

专家系统主要是基于知识的智能系统,有效利用相关领域专家的经验 and 知识对复杂的问题进行推理并有效解决。在电力计量装置故障诊断中,电力计量领域专家能够将相关的故障诊断的知识和经验以规则的形式进行存储,将其存储在知识库中。系统在接收到电力计量装置的运行数据和故障现象时,可以通过推理机根据一定的推理策略在知识库中进行搜索和匹配,进而得出明确的故障诊断结论。在构建电力计量装置故障诊断专家系统时,需要做好专家的知识和经验的收集和整理工作,建立完善的知识库,设计合理的推理机制和人机交互界面。

3 电力计量装置故障检测与诊断技术的发展趋势

3.1 智能化发展

在人工智能、大数据和物联网等先进科学技术不断发展的情况下，电力计量装置故障检测与诊断工作的实施也将朝着智能化方向发展。对故障诊断系统而言，未来能够进行电力计量装置运行数据信息的自动采集和分析，有效利用先进的人工智能算法做好故障的预测和诊断，实现电力计量装置的智能化运维。在此过程中，可以运用深度学习算法深入学习电力计量装置的历史运行数据，并做出提前预测，及时发现故障，制订维护措施，最大限度地减少计量装置故障导致的不良影响。

3.2 多技术融合

单一的故障检测与诊断技术通常具有一定的局限性，要提高故障诊断的准确性和可靠性，需要注重多种技术的有效融合。例如，可以将基于硬件冗余的故障检测技术与基于人工智能的故障诊断技术进行有效结合，利用硬件冗余技术快速进行明显故障检测，然后有效利用人工智能技术分析并诊断复杂故障信息。此外，还可以将信号处理技术和专家系统进行有效结合，通过信号处理提取故障特征，利用专家系统的知识和推理机制进行故障诊断。

3.3 分布式协同诊断

在智能电网环境下，电力计量装置具有分布广泛、数量众

多的特点。要实现分散的电力计量装置的高效故障检测和诊断工作，需要进行分布式协同诊断技术的研究，构建分布式的故障诊断系统，对各个节点之间可以共享的电力计量装置的运行数据和诊断信息进行协同诊断。如果某个节点检测到电力计量装置出现故障，则其他节点可以提供相关信息，确保可以共同完成故障诊断任务，有效提高故障诊断效率。

3.4 在线监测与实时诊断

要及时发现电力计量装置的故障，减少故障对电力系统运行的影响，需要加强对电力计量装置的在线监测和实时诊断技术的有效研究。例如，利用先进的传感器技术和通信技术采集并传输电力计量装置运行参数信息，分析采集到的数据信息，如果发现故障，就需要立即发出报警信号，并给出故障诊断结果和处理建议，实现对电力计量装置故障的快速响应和处理。

4 结语

综上所述，电力计量装置故障检测与诊断技术对于保障电力系统的稳定运行具有至关重要的意义。随着科技的不断进步，各种先进的故障检测与诊断技术应运而生，并取得了显著的应用成效。未来，随着智能化、多技术融合、分布式协同诊断以及在线监测与实时诊断等发展趋势的推进，电力计量装置故障检测与诊断技术将迎来更加广阔的发展前景。

参考文献：

- [1] 严绍奎,王译平.电力计量装置故障智能化检测技术进展探析[J].中国设备工程,2024,(18):180-182.
- [2] 马涛.大数据的电力计量装置故障智能化诊断技术探究[J].电气技术与经济,2024,(01):157-159.
- [3] 陈莹莹.基于大数据背景的电力计量装置故障诊断方法研究[J].电气开关,2023,61(03):60-62.
- [4] 周洋.电力计量装置故障智能化检测技术[J].电子元器件与信息技术,2022,6(11):231-234+239.
- [5] 王楠.大数据背景下的电力计量装置故障智能化诊断技术应用[J].科技风,2022,(09):97-99.
- [6] 王月霞.浅析电力计量装置的故障与检测技术[J].电子世界,2019,(23):153-154.