

团体标准

T/CI XXX-2023

大型发电机非侵入式实时故障诊断
与预警技术规范Technical Specification for Non-Invasive Real-Time Fault Diagnosis and
Early Warning of Large Generators

(征求意见稿)

2023-X-X 发布

2023-X-X 实施

中国国际科技促进会 发布

中国国际科技促进会(CIAPST)是1988年经中华人民共和国国务院科技领导小组批准而成立的全国性社会团体。制定团体标准、开展标准国际化和推动团体标准实施,是中国国际科技促进会的工作内容之一。任何团体和个人,均可提出制、修订中国国际科技促进会团体标准的建议并参与有关工作。

中国国际科技促进会标准按《中国国际科技促进会标准化管理办法》进行制定和管理。

中国国际科技促进会征求意见稿经向社会公开征求意见,并得到参加审定会议的80%以上的专家、成员的投票赞同,方可作为中国国际科技促进会标准予以发布。

在本标准实施过程中,如发现需要修改或补充之处,请将意见和有关资料寄给中国国际科技促进会标准化工作委员会,以便修订时参考。

任何团体和个人,均可对本标准征求意见稿提出意见和建议,牵头起草单位联系方式:

huaqingli@swu.edu.cn

中国国际科技促进会

地址:北京市海淀区中关村东路89号恒兴大厦13F

邮政编码:100190

电话:010-62652520 传真:010-62652520

网址: <http://www.ciapst.org>

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国国际科技促进会标准化工作委员会提出。

本文件由中国国际科技促进会归口。

本文件起草单位：西南大学、东方电气集团东方电机有限公司、重庆勤智科技有限公司、重庆汇智能源有限公司、国家电投集团重庆白鹤电力有限公司、重庆大学。

本文件主要起草人：李华青、石亚伟、陈孟钢、李传东、铎良、李勇、王慧维、熊海灵、董滔、汪松、侯春生、吕庆国、蒲良毅、黄小冬、黄勇、廖金波、郑李逢、李骏、冉亮、王政、朱文文、罗勇、肖新华、胡锦涛、程胡强、吴永辉、孙健、刘东卓、罗臻。

本文件为首次发布。

大型发电机非侵入式实时故障诊断与 预警技术规范

1 适用范围

本文件规定了大型发电机故障诊断和预警系统的设备技术规范，包括技术的术语和定义、总体要求、技术要求。

本文件适用于大型发电机运行状态的非侵入式无缘无线故障检修设备的设计、制造及检验。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 7409.1-2008 《同步电机励磁系统 定义》

GB/T 14394-2008 《计算机软件可靠性和可维护性管理》

DL/T 1049-2007 《发电机励磁系统技术监督规程》

NB/T 20375-2016 《核电厂安全重要热电偶温度计》

DL/T 1246-2013 《水电站设备状态检修管理导则》

DL/T 838-2003 《发电企业设备检修导则》

JB/T 8155-2017 《电机用电刷运行性能试验方法》

NB/T 35042-2014 《水力发电厂通信设计规范》

3 术语和定义

GB/T 7409.1-2008界定的术语和定义适用于本文件。

4 总体要求

4.1 温度测量性能

发电机故障诊断与预警系统的测量温度范围为30℃～120℃，偏差范围为±3℃。

4.2 碳刷长度测量性能

发电机故障诊断与预警系统的测量长度范围为0mm~200mm，偏差范围为±5mm。

5 无线传输性能

发电机故障诊断与预警系统的集中器与无线感温模块无线通信距离不低于6米。

5.1 系统耐温性能

发电机故障诊断与预警系统的温度传感器在 0℃~120℃温度条件下正常工作，控制发送器在 0℃~75℃温度条件下正常工作。

5.2 壳体耐温性能

发电机故障诊断与预警系统的发送器壳体在150℃环境下1小时，不起火且外观无变形和损坏。

5.3 壳体绝缘耐压性能

发电机故障诊断与预警系统的发送器输入端对壳体绝缘电阻不低于 5MΩ；故障诊断系统控制发送器输入端对壳体可承受交流电 1500V/50Hz 历时 1 分钟的耐压试验，设备无击穿及元件损坏现象。

5.4 电流检测性能

发电机故障诊断与预警系统的励磁电流测量范围为 0~200A，偏差范围为±3%。

6 技术要求

6.1 励磁电流检测

6.1.1 励磁电流监测系统包括依次连接的碳刷电流采集单元、前端数据采集器、服务器和功率采集器。

6.1.2 碳刷电流采集单元利用霍尔电流传感器采集发电机碳刷的电流信号，每个碳刷采集单元对应一个碳刷。

6.1.3 前端数据采集器获取各碳刷电流采集单元的碳刷电流信号，并计算得到所有碳刷电流信号和电流总和，得到整体及单独每个碳刷电流的信号特征。

6.1.4 功率采集器采集发电机的输出参数。

6.1.5 服务器用于处理励磁电流特性与发电机输出电参数的关系，判断电流总和与输出功率信号的对应关系是否在正常范围内，若比较得出电流总和与输出功率信号的对应关系不在正常范围内则产生报警信号报警。

6.1.6 整个系统采用无线同步时钟单元，用于整个系统数据同步采集。该基于同步采样的数据处理能消除单个碳刷的差异对励磁电流的影响，得出反映出整体有效励磁电流的实时变化。

6.2 碳刷磨损状态采集

6.2.1. 在碳刷握把安装的通道两侧都喷涂绝缘材料的金属板，以两块金属板、金属板之间的介质（碳刷及相邻的空气介质）组成电容模型 A。

6.2.2. 在碳刷旁设置参考电容模型 B。

6.2.3. 当碳刷磨损后其长度发生变化，碳刷原来的部分位置变成了空气介质，对电容而言原本良好的

导电介质碳刷变成了绝缘的空气介质，其电容的大小将发生变化，外部监测装置可据此判定碳刷的磨损程度。

- 6.2.4. 以差分电容模拟差分电路的原理，电容 B 为设置的电容标准，电容 B 和电容 A（为金属板和碳刷形成的模型电容）同时的变化可以判定为环境因素发生了变化（温度升高、空气介质中其他杂质成份变化等）。这样排除了环境因素的影响，当电容 A 较电容 B 的值发生变化时，可以判定电容 A 发生了变化，以此消除环境干扰。

6.3 检测用在线取电

6.3.1 取电系统包含发电机的励磁线路进行取电的电流互感器、从发电机的励磁碳刷取电的压电取电模块、从发电机碳刷进行取电的温差取电模块、从发电机的手柄进行振动取电的振动取电模块、基于环境电场的电场取电模块以及电源管理模块。

6.3.2 压电取电模块为压电材料，压电材料设置于发电机励磁碳刷的恒力弹簧。

6.3.3 温差取电模块为温差发电片，温差发电片设置于发电机的励磁碳刷且温差发电片的热端与励磁碳刷接触，温差发电片的冷端设置于励磁碳刷的刷握手柄。

6.3.4 振动取电模块包括永磁体、线圈、绝缘管和弹簧。弹簧为两个，分别固定设置于绝缘管的两端，线圈固定外套于绝缘管，永磁体设置于绝缘管内并位于两个弹簧之间，绝缘管和线圈置于刷握手柄内。

6.3.5 电场取电模块包括两个极板，两个极板正对设置且固定设置于发电机的刷握手柄。

6.3.6 电源管理模块包括能量收集电路、低功耗电源电路、比较控制电路以及过压保护电路。

6.3.7 能量收集电路输入端与各取电模块输出端连接，用于对微电流进行汇集以及转换处理，并向低功耗电源模块输出电压信号。

6.3.7 低功耗电源电路输入端与能量收集电路的输出端连接，用于接收能量收集电路的电压信号并将该电压信号转换成稳定的电压信号提供给负载和锂电池。

6.3.8 比较控制电路检测低功耗电源电路的输出电压，并在低功耗电源电路的输出电压低于电压阈值时控制低功耗电源电路停止供电输出。

6.3.9 过压保护电路检测能量收集电路的输入电压信号，并在电压值大于安全阈值时对电能获取电路后端电路执行过压保护。

6.3.10 感应取电模块、压电取电模块、温差取电模块、振动取电模块以及电场取电模块的输出端与电源管理模块的输入端连接，电源管理模块将各取电模块输出的微弱电流进行处理形成稳定的直流电向负载供电。

6.4 碳刷故障定位

6.4.1 对发电机的碳刷进行编号，采集发电机碳刷的电流、温度、振动加速度以及长度。

6.4.2 判断发电机碳刷长度，如碳刷的长度小于或等于设定阈值，判定该碳刷为故障碳刷并需更换。

6.4.3 剔除长度小于或等于设定阈值的发电机电刷后或者发电机各碳刷的长度均大于设定阈值，则对发

电机的碳刷参数进行分析。

6.4.4 分别建立碳刷的电流、温度以及振动加速度的隶属度函数，并根据电流、温度以及振动加速度的采样值计算该三个参数的隶属度值，通过该三个参数的隶属度值计算目标碳刷的故障程度，若故障程度大于设定的故障程度阈值，则判定目标碳刷出现故障。

6.4.5 采集的目标碳刷的电流 C 、温度 t 以及振动加速度的值 V 与设定阈值比较，将参数划分为中等、较强和强三个等级，其中中等以 mid 表示，较强以 h 表示，强以 vh 表示，并且分别取三个参数的不同的等级，得出参数等级与故障关系规则如下：若 $(C, h) \text{ and } (V, h) \text{ and } (t, h)$ ，则目标碳刷异常；若 $(C, h) \text{ and } (V, vh) \text{ and } (t, mid)$ ，则目标碳刷异常；若 $(C, h) \text{ and } (V, vh) \text{ and } (t, h)$ ，则目标碳刷故障；若 $(C, h) \text{ and } (V, vh) \text{ and } (t, vh)$ ，则目标碳刷故障；若 $(C, vh) \text{ and } (V, mid) \text{ and } (t, mid)$ ，则目标碳刷异常；若 $(C, vh) \text{ and } (V, mid) \text{ and } (t, h)$ ，则目标碳刷异常；若 $(C, vh) \text{ and } (V, mid) \text{ and } (t, vh)$ ，则目标碳刷故障；若 $(C, vh) \text{ and } (V, h) \text{ and } (t, mid)$ ，则目标碳刷异常；若 $(C, vh) \text{ and } (V, h) \text{ and } (t, h)$ ，则目标碳刷异常；若 $(C, vh) \text{ and } (V, h) \text{ and } (t, vh)$ ，则目标碳刷故障；若 $(C, vh) \text{ and } (V, vh) \text{ and } (t, mid)$ ，则目标碳刷异常；若 $(C, vh) \text{ and } (V, vh) \text{ and } (t, h)$ ，则目标碳刷故障；若 $(C, vh) \text{ and } (V, vh) \text{ and } (t, vh)$ ，则目标碳刷故障；其余情况为正常状态。

6.5 碳刷故障分析

6.5.1. 发电机的 n 个碳刷进行编号，并定义各碳刷出现最大采样值次数的累加向量 $Z_{\text{Max}} = (z1_{\text{max}}, z2_{\text{max}}, \dots, zn_{\text{max}})$ 以及各碳刷出现最小采样值次数的累加向量 $Z_{\text{Min}} = (z1_{\text{min}}, z2_{\text{min}}, \dots, zn_{\text{min}})$ ，其中， Z_{Max} 和 Z_{Min} 中各元素初始值均为 0。

6.5.2. 采集发电机的各碳刷的电流、温度、振动加速度以及碳刷长度，将每次采样后的参数进行排序，分别找出采样值中的最大值以及最小值所对应的碳刷编号 i ，其中 i 的取值范围为 $[1, n]$ 。

6.5.3. 在完成 m 次采样后，统计各碳刷出现最大值的次数，并将统计的次数进行由大到小的顺序进行排列，并形成向量 Y_d ，且向量 $Y_d = (y_{d1}, y_{d2}, \dots, y_{dn})$ ，其中， $y_{d1} \geq y_{d2} \geq \dots \geq y_{dn}$ 。

6.5.4. 在最大采样值次数的累加向量 $Z_{\text{Max}} = (z1_{\text{max}}, z2_{\text{max}}, \dots, zn_{\text{max}})$ 中与 y_{d1} 对应的碳刷编号所对应的元素加 1；当某一个碳刷出现最小值时，在最小采样值次数的累加向量 $Z_{\text{Min}} = (z1_{\text{min}}, z2_{\text{min}}, \dots, zn_{\text{min}})$ 中与 y_{dn} 对应的碳刷编号所对应的元素加 1。

6.5.5. 重复步骤 5.5.2 和 5.5.3 直至设定累加次数，将最大采样值次数的累加向量 Z_{Max} 的各元素累加求和，并将最大采样值次数的累加向量 Z_{Max} 各元素值除以向量 Z_{Max} 的累加之和得出各元素的比重。

6.5.6. 将向量 Z_{Max} 和向量 Z_{Min} 中的各元素比重分别进行由大到小的顺序进行排列，然后将排序后的元素比重从大到小的顺序进行依次累加，根据比重之和的取值范围确定各元素所对应的碳刷存在的故障风险类型。

6.5.7. 电缆火灾预警

6.5.8. 吸气式电缆火灾预警系统，包括气体检测单元、气压检测单元、微处理器、远程服务终端，以及依次连接空气采集器、水气分离器、检测室和风机。

6.5.9. 气体检测单元包括若干个设置在检测室内的气体传感器。

6.5.10. 气压检测单元包括设置在检测室内用于测量检测室内的气压传感器，以及与检测室连通的抽气泵。

6.5.11. 气体传感器和气压传感器均与微处理器的输入端连接，微处理器的输出端连接至远程服务终端。

6.5.12. 风机用于将监测点的空气引入检测室中。

6.5.13. 气体传感器用于对采集到的空气中电缆过热分解气体的浓度进行实时监测，并同时监测数据实时发送至微处理器。

6.5.14. 微处理器对接收到的数据进行处理生成检测记录，并将检测记录发送至远程服务终端；同时，微处理器对接收到的电缆过热分解气体的浓度和预设阈值浓度进行实时比较，若对比发现当前监测到的电缆过热分解气体的浓度大于预设阈值浓度，则向远程服务终端发送报警信号。

6.5.15. 微处理器将接收到的数据进行处理生成检测记录，以及通过微处理器对接收到的电缆过热分解气体的浓度和预设阈值浓度进行实时比较并根据比较结果得到报警信号。

6.5.16. 在进行检测操作之前，关闭设置在所有空气采集器与水气分离器之间的连接管上的电磁阀。

6.5.17. 启动抽气泵，抽气泵工作使检测室中产生负压，通过气压传感器检测当前检测室产生的负压值并将该负压值发送至微处理器。

6.5.18. 微处理器将气压传感器检测到的负压值与理论负压值进行比较，若其保持与理论负压值一致，则说明系统的气密性是良好的，若其负压值小于理论负压值，则说明系统气密性不好，此时微处理器即向远程服务终端发送报警信号提示工作人员对系统的气密性进行检测。

6.6 软件系统

6.6.1. 系统软件界面应在线实时监控碳刷的温度、剩余长度，具备系统设置、实时和历史数据显示及查询、数据分析、异常报警和趋势记录查询、设备管理、数据远传和界面组态等功能。

6.6.2. 与采集单元通信采用工业总线通讯，数据报文参考接口规范文档。

6.6.3. 系统设置主要功能：添加或者删除机组、碳刷及其组别，管理员与用户设置；支持配置碳刷个数。

6.6.4. 实时和历史数据等显示：实时显示各碳刷温度、剩余长度、电池电压，各监测项的最大值、最

小值和平均值；同时具备历史数据的回放功能。

- 6.6.5. 设置参数：碳刷长度报警阈值，碳刷温度报警阈值，电流报警阈值。
 - 6.6.6. 数据分析：对所有数据点进行快速、精确的在线采集整理。
 - 6.6.7. 异常报警和趋势记录查询：显示并记录碳刷异常报警的参数等信息，支持报警的确认支持报警类别和碳刷组的过滤功能；具有采集信号存储和操作信息记录及趋势曲线生成，并保存 6 个月以上的测量数据，用于事故追忆和原因分析。
 - 6.6.8. 设备管理功能：可对设备既往信息进行记录和查询，可导出数据为 excel 或 csv 格式的报表，并对设备的状态进行巡检和提示。能将数据的编号、参数、表格和曲线由用户定义打印输出。使用者可自由选择生成报表或曲线的数据，实现监测数据的管理及保护。
 - 6.6.9. 数据远传功能：具备服务器功能与上位机 SCADA（Supervisory Control And Data Acquisition，数据采集与监视控制）系统通讯，支持 MODBUS TCP 等通用协议远传。
 - 6.6.10. 界面组态：用户可自行组态画面内容。
 - 6.6.11. 以上功能实现简单的配置界面，无需编程，采用对象化选择和配置操作，可以根据用户需求进行不断更新和优化。
-