

团体标准
《大型发电机非侵入式实时故障诊断
与预警技术规范》
编制说明

2023 年 8 月

《大型发电机非侵入式实时故障诊断与预警技术规范》 编制说明

一、标准制定的必要性

电力供应作为国民经济发展的基础能源供应，直接关系到我国经济发展状况。电力能源供应充沛有助于工业企业扩大再生产，能够拉动国民经济增长；国民经济增长也会进一步带动居民和企业的生活、生产用电需求。随着我国的经济水平不断提升，人们对电能的需求越来越大，电力行业的发展越来越迅速，我国的电厂也进入了快速的建设阶段。电厂快速发展，从一定程度上满足了人们的用电需求。但国家电网的架设规模持续扩大以及相关配套技术水平的不断提升，电路架设的复杂性也随之增加，导致电网内部的安全管理面临着严峻挑战。

发电机作为电网体系的核心构成部分，其连续稳定运行对电网电力生产至关重要。对发电机而言，发电机转子和励磁系统作为发电机核心部件，是保障其连续稳定运转和电网平稳运行的关键技术切入点。励磁系统能否正常工作直接决定发电机组能否安全稳定运行以及电厂能否稳定输出电力。作为励磁系统重要组成部分的励磁碳刷和集电环，其工作状况的好坏将直接影响发电机运行状态。通过对发电机运行故障的统计与分析，可以发现：由整流单元、励磁碳刷、集电环造成的故障次数较多，均属多发性故障。故障的类型主要包括：（1）碳刷跳动故障，引起原因有碳刷压紧力不当，转轴偏心、松动集电环椭圆度超标、集电环表面不平整、光滑等。（2）励磁电流分布不均，产生原因较多，如碳刷质量不达标、不同厂家的碳刷混用、恒压弹簧压力过小或压力不均、碳刷与刷辫或滑环的接触出现问题等。此外，电力电缆和电缆接头因其分布广泛、线路高度集中且长期运行，电气设备过载、过热、短路的火灾隐患较多，具有易燃性和着火后的蔓延性，事故发生频率高，事故后果严重等特点，已被电力行业列为 25 项重大事故防范措施之一。

为了提高系统可靠性和安全性，电网迫切需要建立一套故障诊断与预警智能系统来监测发电机的运行状态并提前预知且发现运行故障隐患，实现发电机非侵入式实时故障诊断与预警，提高发电机的运行效率和可靠性，减少运行成本和维修费用。目前，能源企业大多根据各自情况采用不同的发电机故障诊断与预警设备对发电机运行状态进行在线监测。但业内对各技术路线缺乏较为充足的归纳与划分，造成企业选择发电机故障诊断与预警设备时仅能靠自己调研市场，容易走弯路或导致技术不能完全匹配自己的需求。因此迫切需要对大型发电机非侵入式实时故障诊断与预警技术进行规范化，出台相关的团体标准，指

明发电机非侵入式实时故障诊断与预警技术规范。

二、标准编制原则及依据

1、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》要求进行编写。

2、参照相关法律、法规和规定，在编制过程中着重考虑了科学性、适用性和可操作性。

三、项目背景及工作情况

（一）任务来源

根据《中国国际科技促进会标准化工作委员会团体标准管理办法》的有关规定，经中国国际科技促进会标准化工作委员会及相关专家技术审核，批准《大型发电机非侵入式实时故障诊断与预警技术规范》团体标准制定计划，计划编号为：CI2023233。本标准由西南大学提出，中国国际科技促进会归口。

根据计划要求，本标准完成时限为4个月。

（二）标准起草单位

本标准的主要起草单位是西南大学，负责标准文档起草及相关文件的编制等。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、重庆大学参与起草，负责标准中重要技术点的研究和建议，并参与标准内容的讨论。

（三）标准研制过程及相关工作计划

1、前期准备工作

项目立项前，标准编制小组查阅、研读相关国内外文献，广泛搜集大型发电机非侵入式实时故障诊断与预警技术相关的材料。同时，多次与发电机故障诊断与预警相关行业人员进行调研、交流，广泛征求标准制定方面的意见和建议。

2、标准起草过程

团体标准立项通知公示后，标准编制小组首先组织了标注制定工作会议，各编写人员根据工作计划分工和编写要求开展了相关工作。在标准起草期间，编制小组主编单位及参

编单位组织了数次内部研讨会和专家咨询会，经过多次修改，于2023年8月完成了标准初稿及编制说明的撰写工作。

3、征求意见情况

2023年8月初，标准编制小组先后通过现场会议、电话、微信等多种形式征集行业专家相关意见和建议。针对征集的意见，标准编制小组召开了研讨会，将收集到的意见进行汇总处理分析，在充分吸纳合理意见的基础上，先后修改和完成标准内容，于2023年8月中旬根据在各单位反馈意见基础上，形成了标准征求意见稿并由中国国际科技促进会提交全国标准信息平台公示。

（四）主要试验（或验证）情况分析

1、基于霍尔电流传感器的电流检测技术

发电机励磁系统，通过碳刷、集电环等形成励磁电流，该电流信号理论上是直流电流，所以常用的电流互感器不能用于碳刷励磁电流的检测，一般会采用霍尔电流传感器来检测，其原理简图1所示。

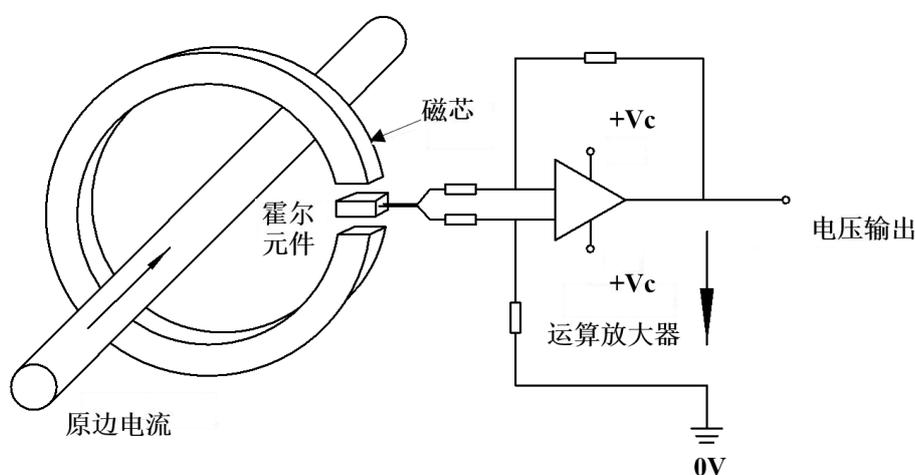


图1. 霍尔电流传感器测量原理

当原边电流流过一根长导线时，在导线周围将产生一个磁场，该磁场的大小与流过导线的电流成正比，产生的磁场聚集在磁环内，通过磁环气隙中霍尔元件进行测量并放大输出，其输出电压精确地反映原边电流。

2、基于热电容位移的碳刷磨损状态采集技术

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。因为碳刷为良好的导电介质，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，对电容而言原来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，原理示意图见图2。

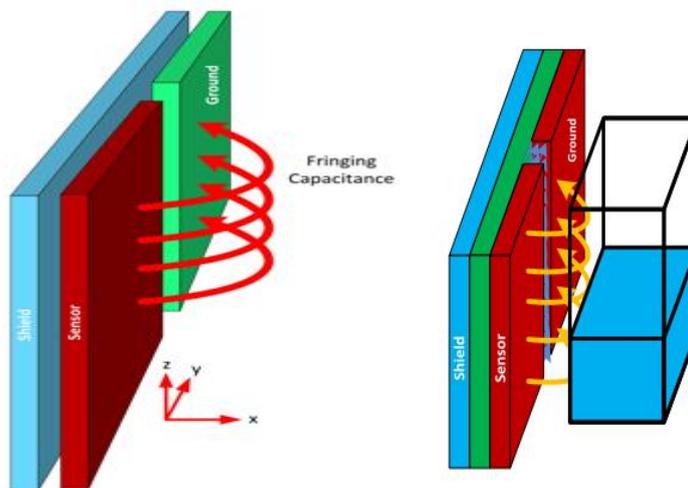


图2. 碳刷磨损度监控原理图

3、监测用在线取电技术

发电机监测用在线取电系统（系统结构图见图3），包括用于从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。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，能够从发电机工作过程中的振动、温度、电磁环境、励磁电流的谐波成分中获取电能。

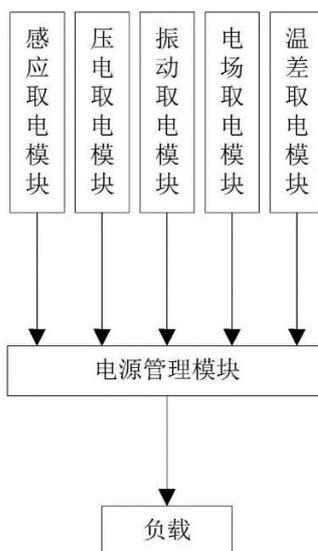


图3. 监测用在线取电系统结构图

4、碳刷故障定位技术

对发电机的碳刷进行编号，采集发电机碳刷的参数，其中，碳刷的参数包括电流、温度、振动加速度以及长度。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。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，找出发电机碳刷中存在高故障风险的碳刷。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能够对发电机中故障碳刷进行准确定位。技术流程图见图4。

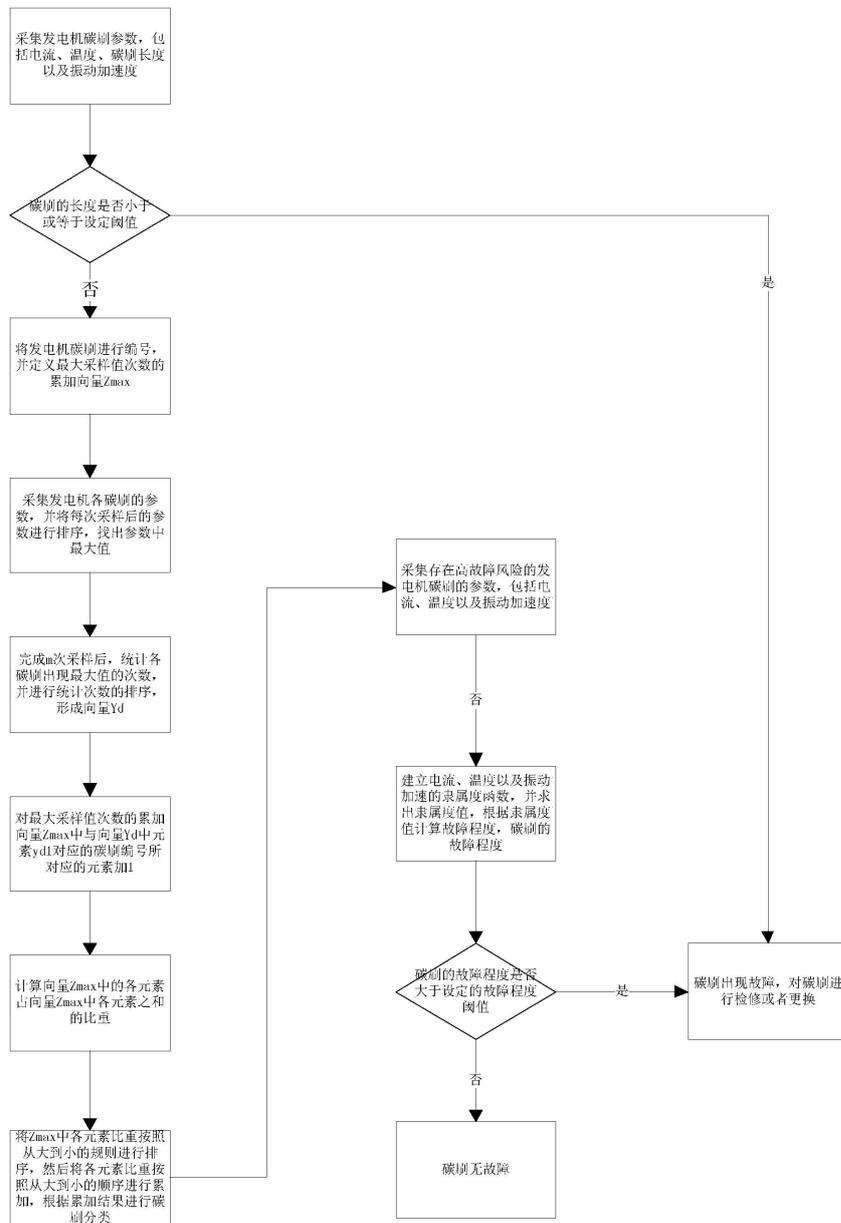


图4. 故障碳刷判断流程图

5、碳刷故障分析技术

发电机碳刷故障分析方法，包括将发电机的碳刷进行编号，并定义各碳刷出现最大采样值次数的累加向量ZMax，采集碳刷参数并统计各碳刷出现最大值的次数，将最大值次数最多的碳刷编号对应的在元素加1，将最大采样值次数的累加向量ZMax的各元素累加求和，并将最大采样值次数的累加向量ZMax各元素值除以向量ZMax的累加之和得出各元素的比重；然后根据比重累加结果对碳刷故障分类；通过上述方法，能够在发电机碳刷故障分析中准确找出存在故障高风险的碳刷，能够大大简化计算过程中，提高工作效率，并且能够有效提高检修效率。

6、电缆火灾预警技术

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，以及依次连接的空气采集器、水气分离器、检测室和风机，且空气采集器与水气分离器之间的连接管上分别设有一个电磁阀；气体检测单元包括若干设置在检测室内的且与微处理器连接的气体传感器。本申请利用空气采集管将监测点采集到的空气依次输送至检测室，分析空气中电缆过热分解气体的含量可以实时监测采集点的电缆运行状态，可以实现过热点精确定位。采用先把管道抽真空，然后打开需要采集点的电磁阀，采集口的气体到进入检测室，检测室气压升高，以确定抽取的气体进入到了检测室中。

7、发电机状态检测软件系统

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，示例见图5。

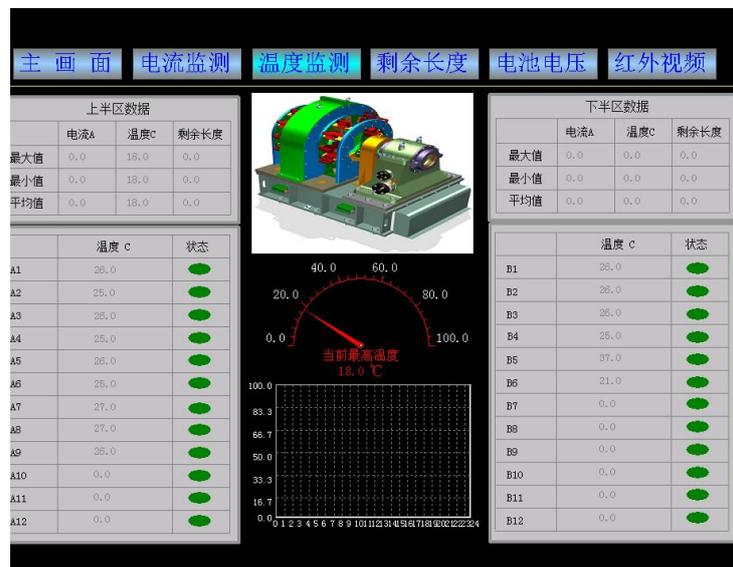


图5. 发电机状态检测软件界面

四、标准制定的基本原则

标准编制过程中，遵循了以下基本原则：

- 1) 标准需要具有行业特点，指标及其对应的分析方法要积极参照采用国家标准和行业标准。
- 2) 标准能够体现出产品的具有关键共性的技术要素。
- 3) 标准能够为产品的开发、改进指出明确的方向。
- 4) 标准需要具有科学性、先进性和可操作性。
- 5) 要能够结合行业实际情况和产品特点。
- 6) 与相关标准法规协调一致。
- 7) 促进行业健康发展与技术进步。

五、标准主要内容

本标准规定了大型发电机非侵入式实时故障诊断与预警技术要求，正文部分共分五章，内容包括标准的适用范围、规范性引用文件、术语和定义、总体要求、技术要求。

六、与有关法律法规和强制性标准的关系

遵守和符合相关法律法规和强制性标准要求。规范性引用文件包括：

GB/T 7409.1-2008 《同步电机励磁系统 定义》

GB/T 10585-1989 《中小型同步电机励磁系统基本技术要求》

GB/T 7409.2-2020 《同步电机励磁系统 第2部分：电力系统研究用模型》

GB/T 7409.3-2007 《同步电机励磁系统 大、中型同步发电机励磁系统技术要求》

GBZ 1 《工业企业设计卫生标准》

GB/T 12801-2008 《生产过程安全卫生要求总则》

GB 50052-2009 《供配电系统设计规范》

DL/T 1049-2007 《发电机励磁系统技术监督规程》

GB 50052-2009 《供配电系统设计规范》

NB/T 20375-2016 《核电厂安全重要热电偶温度计》

NB/T 20550-2019 《压水堆核电厂安全级数字化控制系统调试技术导则》

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》

GB/T 14394-2008 《计算机软件可靠性和可维护性管理》

NB/T 35042-2014 《水力发电厂通信设计规范》

七、重大意见分歧的处理依据和结果

本标准起草过程中没有重大分歧意见。

八、后续贯彻措施

建议由能源相关行业标准化管理机构组织贯彻本标准的相关活动，利用各种活动（如工作组活动、行业协会的管理和活动、专家培训、标准化技术刊物、网上信息、产品认证等）尽可能向能源行业相关单位和机构宣贯该标准。

建议本标准发布之日起半年内实施。

标准编制小组

2023年8月