

团 标 准

T/CES XXX-XXXX

高压开关柜非介入式状态监测装置

技术规范

Technical specification for non—interventional condition monitoring device for
high—voltage switchgear
(征求意见稿)

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—

中国电工技术学会 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 通用要求	2
4.1 工作条件	2
4.2 外观与结构要求	2
4.3 供电要求	2
4.4 通信功能	2
4.5 绝缘性能	3
4.6 温度耐受性能	3
4.7 机械性能	3
4.8 电磁兼容性能	3
4.9 可靠性	3
4.10 外壳防护性能	3
5 局放监测技术要求	3
5.1 功能要求	3
5.2 性能要求	4
6 机械监测技术要求	5
6.1 功能要求	5
6.2 性能要求	5
7 柜体温度监测技术要求	5
7.1 功能要求	5
7.2 性能要求	6
8 负荷电流监测技术要求	6
8.1 功能要求	6
8.2 性能要求	6
9 试验方法	6
9.1 试验条件	6
9.2 试验仪器	6
9.3 外观及结构检查	7
9.4 电源变化影响试验	7
9.5 通信功能试验	7
9.6 绝缘性能试验	7
9.7 温度耐受性能试验	7
9.8 机械性能试验	7
9.9 电磁兼容性能试验	7
9.10 可靠性试验	7
9.11 外壳防护性能试验	7
9.12 功能试验	7
9.13 性能试验	8
10 试验规则	9
10.1 试验类别	9

T/CES XXX—XXXX

10.2 型式试验	10
10.3 出厂试验	10
10.4 现场试验	10
11 标志、包装、运输和贮存	10
11.1 标志	10
11.2 包装	10
11.3 运输	11
11.4 贮存	11

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》的规则起草。

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。

本文件由中国电工技术学会提出。

本文件由中国电工技术学会标准工作委员会×××(**专业**)工作组归口。

本文件起草单位(**包括第一承担单位和参加起草单位，请按对标准的贡献大小排列**)：××××、
××××、……。

本文件主要起草人(**请按对标准的贡献大小排列**)：×××、×××、……。

本文件为首次发布。

高压开关柜非介入式状态监测装置技术规范

1 范围

本文件规定了高压开关柜非介入式状态监测装置的通用要求、局放监测技术要求、机械监测技术要求、柜体温度监测技术要求、负荷电流监测技术要求、试验方法、试验规则、标志、包装、运输和贮存等要求。

本文件适用于1 kV~35 kV高压开关柜非介入式状态监测装置的设计、生产、试验和运行的依据。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 191 包装储运图示标志
GB/T 2423.1—2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温
GB/T 2423.2—2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温
GB/T 2423.3—2016 环境试验 第2部分：试验方法 试验Cab：恒定湿热试验
GB/T 2423.4—2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Db：交变湿热（12h+12h循环）
GB/T 4208—2017 外壳防护等级（IP 代码）
GB/T 4798.2 环境条件分类 环境参数组分类及其严酷程度分级 第2部分：运输和装卸
GB/T 7261—2016 继电保护和全自动装置基本试验方法
GB/T 9361—2011 计算机场地安全要求
GB/T 11287—2000 电气继电器 第21部分：量度继电器和保护装置的振动、冲击、碰撞和地震试验 第1篇：振动试验（正弦）
GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件
GB/T 14598.24 量度继电器和保护装置 第24部分：电力系统暂态数据交换（COMTRADE）通用格式
GB/T 20485.21—2007 振动与冲击传感器校准方法 第21部分：振动比较法校准
DL/T 846.10—2016 高电压测试设备通用技术条件 第10部分：暂态地电压局部放电检测仪
DL/T 860（所有部分） 变电站通信网络和系统
DL/T 1416—2015 超声波法局部放电测试仪通用技术条件
DL/T 1432.4—2017 变电设备在线监测装置检验规范 第4部分：气体绝缘金属封闭开关设备局部放电特高频在线监测装置
DL/T 1498.1—2016 变电设备在线监测装置技术规范 第1部分：通则
DL/T 1498.4—2017 变电设备在线监测装置技术规范 第4部分：气体绝缘金属封闭开关设备局部放电特高频在线监测装置
DL/T 1630—2016 气体绝缘金属封闭开关设备局部放电特高频检测技术规范
DL/T 1694.1—2017 高压测试仪器及设备校准规范 第1部分：特高频局部放电在线监测装置
DL/T 2150—2020 变电设备运行温度监测装置技术规范
DL/T 2278—2021 高频法局部放电带电检测仪器技术规范
DL/T 2807 输变电设备物联网微功率无线网通信协议
DL/T 2809 输变电设备物联网传感器数据通信规范

3 术语和定义

DL/T 1498.4—2017 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

非介入式状态监测装置 *non-interventional condition monitoring device*

一种不改变被监测设备的连接方式，不影响被监测设备的密封性能和绝缘性能，不影响被监测设备的安全运行，无需停电安装，对高压开关柜多种状态信息进行在线监测的装置，包含但不限于局部放电（超声波、暂态地电压、特高频、高频脉冲电流）、机械特性（振动、储能电机电流、分合闸控制回路电流）、柜体温度以及负荷电流等信息，以下简称装置。

4 通用要求

4.1 工作条件

4.1.1 正常工作大气条件

装置的正常工作大气条件如下：

- a) 环境温度：-25 °C～+45 °C；
- b) 相对湿度：5%～95%；
- c) 大气压力：80 kPa～106 kPa。

4.1.2 周围环境

装置的安装环境应符合以下要求：

- a) 安装地点应符合 GB/T 9361—2011 中 B 类安全要求的规定；
- b) 不应有超过 9.9 规定的电磁干扰存在；
- c) 安装地点不应出现超过 GB/T 11287—2000 规定的严酷等级为 1 级的振动。

4.1.3 特殊使用条件

当超出 4.1.1～4.1.2 规定的条件时，由用户与制造商商定。

4.2 外观与结构要求

装置的外观与结构要求如下：

- a) 外表涂覆、电镀层应牢固均匀、光洁，不应有脱皮锈蚀等；
- b) 装置应采取必要的防电磁干扰的措施；
- c) 装置应满足发热元器件的通风散热条件。

4.3 供电要求

4.3.1 外部供电

使用外部电源供电的装置，在如下条件下应能正常工作：

- a) 交流电源供电
 - 1) 电源电压：220 V，允许偏差-15%～+20%；
 - 2) 电源频率：50 Hz，允许偏差±1 Hz；
 - 3) 波形：正弦波，波形畸变≤5%。
- b) 直流电源供电
 - 1) 电源电压：220 V、110 V、48 V、24 V；
 - 2) 允许偏差：-20%～+10%；
 - 3) 纹波系数：≤5%。

4.3.2 电池供电

使用电池供电的装置，在如下条件下应能正常工作：

- a) 电池持续工作时间：≥2 年；
- b) 电池正常工作温度：-25 °C～+45 °C。

4.4 通信功能

装置的通信功能要求如下：

- a) 装置的通信接口应满足监测数据交换所需要的、标准的、可靠的现场工业控制总线、以太网或无线网络的要求；
- b) 有线通信时，应能满足数据实时上报的要求，宜采用符合 DL/T 860（所有部分）的通信协议；
- c) 无线通信时，应能满足数据定时上报或超阈值主动上报的要求，通信频率使用 470 MHz~510 MHz 频段时发射功率应小于 17 dBm，通信频率使用 2 400 MHz~2 483.5 MHz 频段时发射功率应小于 10 dBm，宜采用符合 DL/T 2807 的通信协议，数据通信规范宜符合 DL/T 2809 的要求。

4.5 绝缘性能

装置应能满足 DL/T 1498.1—2016 中 5.6 规定的有关绝缘电阻、介质强度、冲击电压的要求。

4.6 温度耐受性能

4.6.1 低温

装置应能承受 GB/T 2423.1—2008 规定的低温试验，试验温度为 -25 °C，试验时间 2 h。

4.6.2 高温

装置应能承受 GB/T 2423.2—2008 规定的高温试验，试验温度为 +70 °C，试验时间 2 h。

4.6.3 恒定湿热

装置应能承受 GB/T 2423.3—2016 规定的恒定湿热试验，试验温度 (40±2) °C，相对湿度 (93±3) %，试验时间为 2 h。

4.6.4 交变湿热

装置应能承受 GB/T 2423.4—2008 规定的交变湿热试验，高温温度 55 °C，循环次数 2 次。

4.7 机械性能

装置应能满足 DL/T 1498.1—2016 中 5.9 规定的机械性能要求。

4.8 电磁兼容性能

采用外部供电的装置应能满足 DL/T 1498.1—2016 中 5.7 规定的电磁兼容性能要求；采用电池供电的装置应能满足 DL/T 1498.1—2016 中 5.7 规定的端口为外壳的相关试验项目要求。

4.9 可靠性

装置应能在 4.1 所述工作条件下长期可靠工作，外部供电的装置平均无故障时间应大于 20 000 h，电池供电的装置平均无故障时间应大于 1 000 h。

装置完成调试后，出厂前应进行连续通电试验。试验期间，装置工作应稳定可靠，动作行为、信号指示应正确，无元器件损坏、软件运行异常或其他异常情况出现。

4.10 外壳防护性能

装置应符合 GB/T 4208—2017 中规定的外壳防护等级 IP31 的要求。

5 局放监测技术要求

5.1 功能要求

5.1.1 通用功能要求

局放监测通用功能要求如下：

- a) 应能监测和记录局部放电信号的幅值、频次等基本特征参量；
- b) 应能提供局部放电相位分布图谱、局部放电脉冲序列相位分布图谱等用于描述放电特性的图谱；
- c) 应能查询、存储和导出数据；

- d) 应能实现阈值告警，并能设置告警阈值；
- e) 应能将监测结果通过定期发送、响应召唤、主动报送等数据传输方式远传至上位机；
- f) 应能实现装置自检，并根据要求将自检结果远传。

5.1.2 超声波局放监测功能要求

超声波局放宜采用空气耦合式传感器，测量时传感器不应与被测柜体表面直接接触，以减少干扰，应能实现对超声波局放的实时监测、自动采集和数据的预处理。

5.1.3 暂态地电压局放监测功能要求

暂态地电压局放监测功能要求如下：

- a) 应能实现对暂态地电压局放的实时监测、自动采集和数据的预处理；
- b) 应能计数放电脉冲。

5.1.4 特高频局放监测功能要求

特高频局放传感器特征阻抗应为 $50\ \Omega$ ，传感器、射频同轴电缆、信号处理单元的连接应阻抗匹配。应能实现对特高频局放的实时监测、自动采集和数据的预处理。

5.1.5 高频电流局放监测功能要求

高频电流传感器直接钳接在被测设备的接地引下线或其他地电位连接线上，不应改变电气设备原有的连接方式，传感器应有参考方向标记。应能实现对高频电流局放的实时监测、自动采集和数据的预处理。

5.2 性能要求

5.2.1 超声波局放监测性能

超声波监测性能要求如下：

- a) 频率测量应在 $20\text{ kHz}\sim60\text{ kHz}$ 范围内，并提供中心测试频率值及带宽，频率测量最大允许误差不应超过 $\pm20\%$ ；
- b) 在距离声源 1 m 的条件下，可测到声压级不大于 35 dB 的超声波信号；
- c) 动态范围不应小于 40 dB ，在动态范围内测量结果应能有效反映局部放电强度的变化；
- d) 幅值线性误差不应超过 $\pm20\%$ 。

5.2.2 暂态地电压局放监测性能

暂态地电压局放监测性能要求如下：

- a) 频率测量应在 $3\text{ MHz}\sim100\text{ MHz}$ 范围内，并提供中心测试频率值及带宽，频率测量最大允许误差不应超过 $\pm10\%$ ；
- b) 以实验室条件下的测量噪声为初始值，以 2 倍初始值作为标准激励信号，测量值与标准值之比不应小于 1 ；
- c) 幅值线性误差不应超过 $\pm20\%$ ；
- d) 脉冲计数误差不应超过 $\pm10\%$ 。

5.2.3 特高频局放监测性能

特高频局放监测性能要求如下：

- a) 传感器平均有效高度在 $300\text{ MHz}\sim1\ 500\text{ MHz}$ 频带内应大于 8 mm ，且最小有效高度应大于 2 mm 。同时应提供 $1\ 500\text{ MHz}\sim3\ 000\text{ MHz}$ 的测试数据；
- b) 频率测量应在 $300\text{ MHz}\sim3\ 000\text{ MHz}$ 范围内，并提供中心测试频率值及带宽，频率测量最大允许误差不应超过 $\pm10\%$ ；
- c) 装置（含传感器）的灵敏度不应大于 7.6 V/m (17.6 dBV/m)；
- d) 动态范围不应小于 40 dB ，在动态范围内测量结果应能有效反映局部放电强度的变化；
- e) 幅值线性误差不应超过 $\pm20\%$ 。

5.2.4 高频电流局放监测性能

高频电流局放监测性能要求如下：

- a) 高频电流传感器在 1 MHz~30 MHz 范围内传输阻抗不应小于 5 mV/mA;
- b) 频率测量范围应在 1 MHz~30 MHz 范围内，带宽不应小于 2 MHz;
- c) 最小可测局部放电量不大于 50 pC;
- d) 幅值线性误差在 50 pC~5 000 pC 范围内不应超过±15%。

6 机械监测技术要求

6.1 功能要求

6.1.1 通用功能要求

机械监测通用功能要求如下：

- a) 应能查询、存储和导出数据;
- b) 应能实现阈值告警，并能设置告警阈值;
- c) 应能将监测结果通过定期发送、响应召唤、主动报送等数据传输方式远传至上位机;
- d) 应能实现装置自检，并根据要求将自检结果远传。

6.1.2 振动监测功能要求

振动传感器宜采用加速度型传感器，应能实现对高压开关柜柜体振动的实时监测、自动采集和数据的预处理。

6.1.3 机械特性监测功能要求

机械特性监测功能要求如下：

- a) 应能实现对分合闸线圈电流、储能电机线圈电流的实时监测、自动采集和数据的预处理;
- b) 应能实现控制回路电压的测量;
- c) 应能存储、显示、对比波形，录波数据的记录和存储格式应符合 GB/T 14598.24 的有关规定;
- d) 应能实现多通道测量，且可对不同通道的测量数据进行对比分析;
- e) 应能实现分析诊断，且可从波形中计算峰值电流、初始阶段电流上升速率、电磁铁初始运动时刻、电磁铁撞击脱扣机构时刻、脱扣机构运动时刻等特征值。

6.2 性能要求

6.2.1 振动监测性能

振动监测性能要求如下：

- a) 灵敏度不应小于 100 mV/g;
- b) 幅值线性度误差不应大于±5%;
- c) 频率测量应在 1 Hz~10 kHz 范围内，频率响应误差不应大于±5%。

6.2.2 机械特性监测性能

机械特性监测性能要求如下：

- a) 控制回路/储能回路电流测量
 - 1) 电流测量应在 (0~10) A 范围内;
 - 2) 测量误差不应大于±0.5%。
- b) 控制回路电压测量：
 - 1) 电压测量应在 (0~250) V 范围内;
 - 2) 测量误差不应大于±0.5%。

7 柜体温度监测技术要求

7.1 功能要求

柜体温度监测功能要求如下：

- a) 应能实现对高压开关柜柜体表面温度的实时监测、自动采集和数据的预处理;
- b) 宜能实现环境温湿度测量, 可与柜体温度对比分析;
- c) 应能查询、存储和导出数据;
- d) 应能实现阈值告警, 并能设置告警阈值;
- e) 应能将监测结果通过定期发送、响应召唤、主动报送等数据传输方式远传至上位机;
- f) 应能实现装置自检, 并根据要求将自检结果远传。

7.2 性能要求

柜体温度监测性能要求如下:

- a) 柜体温度测量应在-25 °C～+70 °C范围内;
- b) 测量误差不应大于±2 °C;
- c) 测量分辨率应小于0.5 °C。

8 负荷电流监测技术要求

8.1 功能要求

负荷电流监测应采用开合式电流传感器直接钳接在被测负荷电流的二次回路上, 不应改变电气设备原有的连接方式, 传感器应有参考方向标记。负荷电流监测功能要求如下:

- a) 应能实现对高压开关柜负荷电流的实时监测、自动采集和数据的预处理;
- b) 应能查询、存储和导出数据;
- c) 应能实现阈值告警, 并能设置告警阈值;
- d) 应能将监测结果通过定期发送、响应召唤、主动报送等数据传输方式远传至上位机;
- e) 应能实现装置自检, 并根据要求将自检结果远传。

8.2 性能要求

负荷电流监测性能要求如下:

- a) 负荷电流应在(0～10) A范围内;
- b) 测量误差不应大于±0.5%。

9 试验方法

9.1 试验条件

除非另有规定, 正常试验大气条件不应超出下列范围:

- a) 环境温度: 15 °C～35 °C;
- b) 相对湿度: 25%～75%;
- c) 大气压力: 80 kPa～106 kPa。

9.2 试验仪器

试验所用仪器设备见表1, 部分试验仪器在下述试验方法中单独说明。

表1 试验仪器设备性能指标

序号	仪器设备名称	性能指标
1	超声波信号发生器	频率范围: 10 kHz～300 kHz; 幅值调节范围: 1%～100%
2	标准声强仪	准确度等级优于2级
3	脉冲信号发生器	脉冲重复频率: 25 Hz～10 kHz, 极性能正负变换, 脉冲波形上升时间不应大于0.1 μs, 下降时间不应小于100 μs; 电压峰值: 10 mV～5 V区间可调

表 1 (续)

序号	仪器设备名称	性能指标
4	数字示波器	模拟带宽: $\geq 100 \text{ MHz}$; 采样率: $\geq 1 \text{ GS/s}$; 幅度最大允许误差: $\pm 1.5\%$
5	正弦信号发生器	频率范围: $0.5 \text{ MHz} \sim 100 \text{ MHz}$; 电压峰值: $10 \text{ mV} \sim 5 \text{ V}$ 区间可调
6	标准功率源	输出电压、电流允许误差: $\pm 0.2\%$; 稳定性: 0.05% ;

9.3 外观及结构检查

用目视方法检查, 结果应满足 4.2 的要求。

9.4 电源变化影响试验

测试交流电源变化对性能的影响, 按 GB/T 7261—2016 中 11 的试验方法进行, 结果应满足 4.3.1 a) 的要求。

测试直流电源变化对性能的影响, 按 GB/T 7261—2016 中 11 的试验方法进行, 结果应满足 4.3.1 b) 的要求。

9.5 通信功能试验

按照现场配置方案组成在线监测系统, 利用上位机通信软件对装置进行通信功能试验, 装置应能正确响应上位机召唤传送记录数据, 并满足 4.4 中的各项功能要求。

9.6 绝缘性能试验

按照 DL/T 1498.1—2016 中 6.5 的试验方法进行, 结果应满足 4.5 的要求。

9.7 温度耐受性能试验

按照 DL/T 1498.1—2016 中 6.7 的试验方法进行, 结果应满足 4.6 的要求。

9.8 机械性能试验

按照 DL/T 1498.1—2016 中 6.8 的试验方法进行, 结果应满足 4.7 的要求。

9.9 电磁兼容性能试验

按照 DL/T 1498.1—2016 中 6.6 的试验方法进行, 结果应满足 4.8 的要求。

9.10 可靠性试验

按照 DL/T 1630—2016 中 5.2.11 的试验方法进行, 结果应满足 4.9 的要求。

9.11 外壳防护性能试验

按照 GB/T 4208—2017 中规定的试验方法进行, 结果应满足 4.10 的要求。

9.12 功能试验

9.12.1 局放监测功能试验

按照现场配置方案组成在线监测系统, 给装置通电, 施加相应信号, 分项试验装置应具有 5.1 所描述的各项功能。

9.12.2 机械监测功能试验

按照现场配置方案组成在线监测系统, 给装置通电, 施加相应信号, 分项试验装置应具有 6.1 所描述的各项功能。

9.12.3 柜体温度监测功能试验

按照现场配置方案组成在线监测系统，给装置通电，施加相应信号，分项试验装置应具有 7.1 所描述的各项功能。

9.12.4 负荷电流监测功能试验

按照现场配置方案组成在线监测系统，给装置通电，施加相应信号，分项试验装置应具有 8.1 所描述的各项功能。

9.13 性能试验

9.13.1 超声波局放测量频率误差试验

按照 DL/T 1416—2015 中 5.4.1 的试验方法进行（试验接线图如 DL/T 1416—2015 图 2 所示），对比装置和标准声强仪的测量数据，结果应满足 5.2.1 a) 的要求。

9.13.2 超声波局放测量灵敏度试验

试验接线如 DL/T 1416—2015 中图 2 所示，被测装置距离声源 1 m，调节超声波信号发生器输出声压级不大于 35 dB 的信号，结果应满足 5.2.1 b) 的要求。

9.13.3 超声波局放测量动态范围试验

按照 DL/T 1416—2015 中 5.4.2 的试验方法进行，记录超声波局放的幅值测量范围，结果应满足 5.2.1 c) 的要求。

9.13.4 超声波局放测量幅值线性度试验

按照 DL/T 1416—2015 中 5.4.2 的试验方法进行，结果应满足 5.2.1 d) 的要求。

9.13.5 暂态地电压局放测量频率误差试验

按照 DL/T 846.10—2016 中 5.4.1 的试验方法进行，结果应满足 5.2.2 a) 的要求。

9.13.6 暂态地电压局放测量灵敏度试验

按照 DL/T 846.10—2016 中 5.4.4 的试验方法进行，结果应满足 5.2.2 b) 的要求。

9.13.7 暂态地电压局放测量幅值线性度试验

按照 DL/T 846.10—2016 中 5.4.2 的试验方法进行，结果应满足 5.2.2 c) 的要求。

9.13.8 暂态地电压局放测量脉冲计数试验

按照 DL/T 846.10—2016 中 5.4.3 的试验方法进行，结果应满足 5.2.2 d) 的要求。

9.13.9 特高频局放传感器平均有效高度试验

按照 DL/T 1432.4—2017 中 6.3 的方法进行，结果应满足 5.2.3 a) 的要求。

9.13.10 特高频局放测量频率误差试验

按照 DL/T 1432.4—2017 中 6.3 的方法进行，结果应满足 5.2.3 b) 的要求。

9.13.11 特高频局放测量灵敏度试验

按照 DL/T 1432.4—2017 中 6.4 的方法进行，结果应满足 5.2.3 c) 的要求。

9.13.12 特高频局放测量动态范围试验

按照 DL/T 1432.4—2017 中 6.5 的方法进行，结果应满足 5.2.3 d) 的要求。

9.13.13 特高频测量幅值线性度试验

按照 DL/T 1694.1—2017 中 6.2.1.3 的方法进行，结果应满足 5.2.3 e) 的要求。

9.13.14 高频电流局放传感器传输阻抗试验

按照 DL/T 2278—2021 中 6.4.1 的方法进行, 结果应满足 5.2.4 a) 的要求。

9.13.15 高频电流局放测量频率误差试验

按照 DL/T 2278—2021 中 6.4.2 的方法进行, 结果应满足 5.2.4 b) 的要求。

9.13.16 高频电流局放测量灵敏度试验

按照 DL/T 2278—2021 中 6.4.3 的方法进行, 结果应满足 5.2.4 c) 的要求。

9.13.17 高频电流局放测量幅值线性度试验

按照 DL/T 2278—2021 中 6.4.4 的方法进行, 结果应满足 5.2.4 d) 的要求。

9.13.18 振动测量灵敏度试验

按照 GB/T 20485.21—2007 中 5.3 的方法进行, 结果应满足 6.2.1 a) 的要求。

9.13.19 振动测量幅值线性度试验

按照 GB/T 20485.21—2007 中 5.3 的方法进行, 在测量范围内均匀地或按倍频程选取至少 5 个振动幅值, 结果应满足 6.2.1 b) 的要求。

9.13.20 振动测量频率响应误差试验

按照 GB/T 20485.21—2007 中 5.3 的方法进行, 在测量范围内均匀地或按倍频程选取至少 5 个频率值, 结果应满足 6.2.1 c) 的要求。

9.13.21 机械特性分合闸线圈电流/储能电机线圈电流测量试验

试验使用标准功率源输出幅值一定的电流信号(在测量范围内均匀选取 5 个点), 记录被测装置的测量电流值并计算相对标准值的误差, 结果应满足 6.2.2 a) 的要求。

9.13.22 机械特性分合闸线圈电压测量试验

试验使用标准功率源输出幅值一定的电压信号(在测量范围内均匀选取 5 个点), 记录被测装置的测量电压值并计算相对标准值的误差, 结果应满足 6.2.2 b) 的要求。

9.13.23 温度测量范围试验

按照 DL/T 2150—2020 中 7.2.2 的试验方法进行(最低温度为 -25 °C, 最高温度为 70 °C), 结果应满足 7.2 a) 的要求。

9.13.24 温度测量误差试验

按照 DL/T 2150—2020 中 7.2.3 的试验方法进行(在 -25 °C ~ 70 °C 之间选取 5 个点), 结果应满足 7.2 b) 的要求。

9.13.25 温度测量分辨率试验

按照 DL/T 2150—2020 中 7.2.4 的试验方法进行(温度设置为 50 °C), 结果应满足 7.2 c) 的要求。

9.13.26 负荷电流测量试验

试验使用标准功率源输出幅值一定的电流信号(在测量范围内均匀选取 5 个点), 记录被测装置的测量电流值并计算相对标准值的误差, 结果应满足 8.2 a) 和 8.2 b) 的要求。

10 试验规则

10.1 试验类别

装置试验分为型式试验、出厂试验和现场试验三种, 试验项目按表 2 的规定进行。

10.2 型式试验

凡遇下列情况之一，应进行型式试验：

- a) 新产品定型；
- b) 连续批量生产的装置每 4 年一次；
- c) 正式投产后，设计、工艺材料、元器件有较大改变，可能影响产品性能时；
- d) 产品停产 1 年以上又重新恢复生产时；
- e) 出厂试验结果与型式试验有较大差异时；
- f) 国家技术监督机构或受其委托的技术检验部门提出型式试验要求时；
- g) 合同规定进行型式试验时。

10.3 出厂试验

每台装置出厂前应在正常试验条件下逐个按规定进行例行试验，试验合格后附有合格证方可允许出厂。

10.4 现场试验

现场试验是现场运行单位或具有资质的检测单位对现场待测装置性能进行的测试。现场试验一般分为两种情况：

- a) 定期例行试验，试验周期为 1 年~2 年；
- b) 必要时。

表 2 试验项目

序号	试验项目	试验分类			“技术要求” (章、条)	“试验方法” (章、条)
		型式试验	出厂试验	现场试验		
1	外观及结构检查	●	●	●	4.2	9.3
2	电源变化影响试验	●	●	○	4.3	9.4
3	通信功能试验	●	●	●	4.4	9.5
4	绝缘性能试验	●	●	○	4.5	9.6
5	温度耐受性能试验	●	●	○	4.6	9.7
6	机械性能试验	●	○	○	4.7	9.8
7	电磁兼容性能试验	●	○	○	4.8	9.9
8	可靠性试验	●	●	○	4.9	9.10
9	外壳防护性能试验	●	○	○	4.10	9.11
10	功能试验	●	●	●	5~8	9.12
11	性能试验	●	●	●	5~8	9.13

注：●表示规定必须做的项目；○表示规定可不做的项目。

11 标志、包装、运输和贮存

11.1 标志

11.1.1 每台装置应在显著部位设置持久明晰的标志和铭牌，包括下列内容：

- a) 制造商全称及商标；
- b) 产品型号、名称；
- c) 制造年、月和出厂编号；
- d) 装置的额定值和主要参数；
- e) 安全标志。

11.1.2 标志和标识应符合 GB/T 191 的规定。

11.2 包装

11.2.1 包装箱上应以不易洗刷或脱落的涂料作如下标记：

- a) 发货厂名、产品型号、名称；

- b) 收货单位名称、地址、到站；
- c) 包装箱外形尺寸及毛重；
- d) “防潮”“向上”“小心轻放”等标记；
- e) 规定叠放层数的标记。

11.2.2 装置出厂随行文件应包括下列内容：

- a) 装箱清单；
- b) 装箱文件、资料清单及文件资料；
- c) 装置的电气原理图或接线图；
- d) 产品出厂合格证书；
- e) 按备品清单或合同规定提供的备品备件（如元器件、易损件、测试插件、接线座、预制导线等）、安装附件、专用工具等；
- f) 设备保修卡；
- g) 供调试、配置所需的软件和文档。

11.2.3 装置包装时应用塑料制品作为内包装，周围用防震材料垫实放于外包装箱内。

11.2.4 包装箱应符合 GB/T 13384 的规定，按照装箱文件及资料清单、装箱清单等全部装箱；随同装置出厂的附件及文件、资料应装入防潮文件袋中，再放入包装箱内。

11.2.5 装置的包装应能满足按 GB/T 4798.2 规定的运输要求。

11.3 运输

装置的运输应符合 GB/T 4798.2 的规定。

11.4 贮存

11.4.1 贮存装置的场所应干燥、清洁、空气流通，并能防止各种有害气体的侵入，严禁与有腐蚀作用的物品存放在同一场所。

11.4.2 包装好的装置应保存在相对湿度不大于 85%，周围空气温度为 -25 °C ~ +55 °C 的场所。