ICS 29.130.20
CCS K 31

T/CS

团 体 标 准

T/CS XXX—2026

低压开关柜智慧化运维技术要求

Technical requirements for intelligent operation and maintenance of low-voltage switchgear assemblies

（征求意见稿）

2026 - XX - XX 发布 2026 - XX - XX 实施

中国商品学会 发 布

目　　次

前言 II
1 范围 1
2 规范性引用文件 1
3 术语和定义 1
4 总体要求 2
5 状态监测配置要求 2
6 数据采集与通信要求 3
7 智慧化运维功能要求 4
8 试验与验收要求 5
9 运维安全要求 5

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。

本文件由四川万控电气成套有限公司提出。

本文件由中国商品学会归口。

本文件起草单位：四川万控电气成套有限公司、扬州隆源电器有限公司、上海德澜电气集团有限公司、浙江南腾电气有限公司、南昌市光辉电力科技有限公司、吴江变压器有限公司、镇江默勒电器有限公司。

本文件主要起草人：蒋巍、贾旗、季荣荣、林巨雷、胡广伟、崔俊杰、刘晨。

低压开关柜智慧化运维技术要求

1 范围

本文件规定了低压开关柜智慧化运维的总体要求、状态监测配置、数据采集与通信、智慧化运维功能、试验与验收以及运维安全要求。

本文件适用于额定交流电压不超过 1000 V、额定频率 50 Hz 的户内低压成套开关设备和控制设备（以下简称“低压开关柜”）的智慧化运维。低压开关柜智慧化运维系统的设计、建设、运行和维护应执行本文件。

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 2423.1 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 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 36572 电力监控系统网络安全防护导则

GB/T 4208 外壳防护等级（IP 代码）

GB/T 7251.1 低压成套开关设备和控制设备 第 1 部分：总则

GB/T 7251.2 低压成套开关设备和控制设备 第 2 部分：成套电力开关和控制设备

GB/T 7251.8 低压成套开关设备和控制设备 第 8 部分：智能型成套设备通用技术要求

GB 26860 电力安全工作规程 发电厂和变电站电气部分

GB 50150 电气装置安装工程 电气设备交接试验标准

DL/T 596 电力设备预防性试验规程

DL/T 664 带电设备红外诊断应用规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

低压开关柜智慧化运维 intelligent operation and maintenance of low-voltage switchgear assembly

以低压开关柜为对象，通过配置状态监测传感器、数据采集与通信装置以及运维管理平台，实现运行状态感知、异常预警、故障诊断和运维决策支持的运维活动。

3.2

状态监测 state monitoring

利用传感器对低压开关柜运行中的电气参量、非电气参量及环境参量进行连续或周期性采集的活动。

3.3

智能运维单元 intelligent operation and maintenance unit

安装于低压开关柜柜内或柜体邻近位置，完成传感器信号接入、本地数据处理、通信协议转换和边缘分析功能的装置或装置组合。

4 总体要求

4.1 低压开关柜智慧化运维系统的构成

低压开关柜智慧化运维系统应由感知层、数据汇聚层和平台层构成。感知层应包含安装于低压开关柜内部或柜体上的状态监测传感器；数据汇聚层应包含智能运维单元；平台层应包含运维管理平台。低压开关柜作为智能型成套设备时，其通用技术要求应符合 GB/T 7251.8 的规定。

4.2 运维对象范围

实施智慧化运维的低压开关柜应覆盖下列监测对象：主母排连接部位、进线及馈线断路器触头或连接端子、电缆接头、柜内环境以及局部放电敏感部位。

4.3 与既有设备本体的关系

智慧化运维装置的安装不应改变低压开关柜本体的一次回路结构和绝缘配合。传感器的安装不应降低柜体防护等级，低压开关柜外壳防护等级应不低于 IP3X（IP 代码按 GB/T 4208 的规定表示），且不应低于 GB/T 7251.1 和 GB/T 7251.2 规定的 IP2X。柜内安装的传感器及附件的外壳防护等级应不低于 IP2X。

4.4 全寿命周期可追溯要求

低压开关柜智慧化运维的实施应建立从传感器配置、安装位置、校准记录、监测数据、预警事件到处置结果的完整数据链路。每一监测数据点应关联唯一设备标识和传感器标识，标识信息应在运维管理平台中保持可查询状态。

5 状态监测配置要求

5.1 温度监测

5.1.1 低压开关柜的下列部位应配置温度监测传感器：主母排搭接面、进线断路器上下端子、馈线断路器上下端子、电缆接头。温度监测应采用接触式或非接触式方式。

5.1.2 温度传感器的测量范围应覆盖-40℃～+125℃，测量精度应不低于±1℃。传感器应能在低压开关柜运行电磁环境中正常工作。

5.1.3 温度监测数据的采集间隔不应大于 60 s。当监测温度达到预警阈值时，智能运维单元应自动将采集间隔缩短至不大于 10 s，直至温度回落至预警阈值以下。

5.2 局部放电监测

5.2.1 低压开关柜的母线室、断路器室和电缆室应配置局部放电监测传感器。局部放电监测应采用超声波法与暂态地电压法中的至少一种。

5.2.2 超声波局部放电传感器的标称检测频带应覆盖 20 kHz～200 kHz；暂态地电压传感器的标称检测频带应覆盖 3 MHz～100 MHz。传感器技术文件应明示标称检测频带和有效检测范围，并应作为验收依据。

5.2.3 局部放电监测数据应记录放电幅值、放电次数和相位分布特征。当局部放电幅值超过平台设定的预警阈值时，智慧化运维系统应触发预警事件并记录预警发生前后的原始波形片段，波形片段时长不应小于 20 个工频周期。

5.3 电气参量监测

5.3.1 低压开关柜进线侧应配置三相电压和三相电流监测。馈线回路应配置三相电流监测。电压测量准确度应不低于 0.5 级，电流测量准确度应不低于 0.5 级。
5.3.2 电气参量的采集周期不应大于 1 s。用于有效值计算的采样率不应低于每周波 32 点。

5.4 开关状态与环境参量监测

5.4.1 低压开关柜应监测断路器分合闸状态、抽屉位置（工作位置、试验位置、分离位置）以及柜门开闭状态。状态量变位后，智能运维单元应在 2 s 内完成事件记录并上送。
5.4.2 柜内环境温度测量范围应覆盖-25℃～+70℃，测量精度应不低于±1℃。柜内相对湿度测量范围应覆盖 5%～95%，测量精度应不低于±3%。柜内环境参量的采集间隔不应大于 5 min。

5.5 传感器安装与性能通用要求

传感器的安装位置应避开断路器灭弧区域和主回路导体电场集中区域。电池供电的传感器在正常监测模式下连续工作时间不应低于 5 年。传感器的环境适应性应满足 GB/T 2423.1 和 GB/T 2423.2 规定的低温与高温试验要求，试验严酷等级应按低压开关柜安装场所的预期环境条件选取。

6 数据采集与通信要求

6.1 智能运维单元的本地处理能力

6.1.1 智能运维单元应具备传感器数据接入、本地存储、边缘计算和协议转换功能。
6.1.2 智能运维单元本地数据存储容量应满足全部接入监测点不少于 30 d 的特征值数据和不少于 7 d 的原始波形数据存储需求。存储空间达到容量上限时，应按时间顺序覆盖最早的非事件数据，预警事件数据不应被覆盖。
6.1.3 智能运维单元应支持至少 16 路传感器信号接入，并应具备可扩展接口。

6.2 通信方式与协议

6.2.1 智能运维单元与平台之间的通信应采用有线以太网、光纤或无线公网方式中的一种。本地传感器与智能运维单元之间的通信应采用 RS-485、LoRa、ZigBee 或蓝牙方式中的一种。
6.2.2 智能运维单元应支持 Modbus 和 MQTT 通信协议中的至少一种，并应预留与平台信息模型对接的数据接口能力。
6.2.3 通信中断时，智能运维单元应启动本地缓存机制。通信恢复后，智能运维单元应自动将中断期间缓存的监测数据和事件记录按时间顺序补传至平台。补传数据的完整性应以智能运维单元本地存储记录为校验依据。

6.3 对时与时钟同步

智能运维单元应支持网络对时。采用北斗或 GPS 对时方式时，智能运维单元的时钟同步误差不应大于 1 s。传感器守时误差不应大于 3 s/d。每一监测数据记录应附带时间标签，时间标签格式应统一至毫秒级。

6.4 数据质量标识

上传至平台的每一监测数据点应附带数据质量标识。数据质量标识至少应区分下列状态：正常、传感器故障、通信中断期间缓存数据、超过量程、校验失败。平台侧不得将非“正常”质量标识的数据用于预警判定和统计计算。

7 智慧化运维功能要求

7.1 实时监视与可视化

7.1.1 运维管理平台应以低压开关柜单线图或柜体排列图为背景，实时展示温度、局部放电、电气参量和开关状态监测值。

7.1.2 平台应提供监测数据的历史趋势查询功能，查询时间范围应支持不少于 1 年的特征值数据回溯。特征值数据包括温度日最大值、局部放电日最大幅值和电气参量日有效值。

7.2 异常预警与分级

7.2.1 低压开关柜智慧化运维系统的预警等级应划分为三级：注意、异常、严重。

7.2.2 温度预警的触发条件应依据 DL/T 664 关于热缺陷分级的判据确定，DL/T 664 规定的热缺陷等级（一般、严重、危急）与本文件预警等级（注意、异常、严重）的对应关系应为：一般缺陷对应注意、严重缺陷对应异常、危急缺陷对应严重。用于低压开关柜时，相对温差判据的取值应与低压开关柜的绝缘材料耐受能力和触头接触电阻变化趋势相适应，具体阈值应在运维管理平台中通过低压开关柜初始状态基准数据标定后固化，标定记录应可追溯。

7.2.3 局部放电预警的阈值应以传感器安装完成后连续 72 h 正常运行状态下局部放电特征量的统计结果为基准，取基准值的 3 倍作为“注意”阈值，取基准值的 10 倍作为“异常”阈值，“严重”级阈值应结合低压开关柜绝缘耐受能力和设备劣化趋势标定后固化，“严重”级预警亦可按 7.3.1 的多参量关联判据触发。

7.2.4 预警事件产生后，平台应在 30 s 内完成事件记录生成并推送至运维责任人。预警记录应包含触发时刻、监测量值、阈值、传感器标识和设备标识。

7.3 故障诊断辅助

7.3.1 平台应支持基于多参量关联的故障诊断。当同一低压开关柜在同一时间窗口内出现温度异常和局部放电异常时，平台应将诊断结论标识为“绝缘劣化疑似”，并提升预警等级至“严重”。

7.3.2 诊断输出应包含依据数据清单，列明参与诊断的监测量、对应时间戳和判定规则编号。判定规则编号应与平台规则库中的规则条目一一对应，规则条目应记录规则来源，规则来源应标明引用标准条款或本文件条款。

7.4 运维决策支持

7.4.1 平台应根据预警等级和诊断结论生成差异化运维建议。“注意”级预警应提示加强监视并安排例行巡检确认；“异常”级预警应提示在 30 d 内安排检修或试验；“严重”级预警应提示在 24 h 内实施专项检查，必要时执行停电检修。

7.4.2 平台应记录运维建议的接受、执行和关闭状态。每一项运维建议从生成到关闭的全过程应在平台中保留时间戳和操作人标识。

7.5 运维报告与可追溯性

7.5.1 平台应支持按设备、按时间段生成低压开关柜智慧化运维报告。报告至少应包含：监测覆盖率、预警事件清单、预警处置闭环率、传感器在线率和数据完整率。

7.5.2 数据完整率不应低于 95%。数据完整率的计算应按式（1）进行：

$$D=\left(1-\frac{N_m}{N_t}\right)\times 100\% \quad \cdots\cdots (1)$$

式中：

D——数据完整率；

N_m——统计周期内缺失的有效监测数据点数量；

N_t——统计周期内应采集的有效监测数据点总数。

8 试验与验收要求

8.1 传感器安装后的功能校验

8.1.1 温度监测传感器安装完成后，应采用标准温度源对每一测点进行现场比对。比对点应不少于 3 点，覆盖低温段、常温段和接近预警阈值的温度段。比对偏差超过传感器标称精度的测点应重新安装或更换传感器。

8.1.2 局部放电监测传感器安装完成后，应采用超声波信号发生器或暂态地电压信号源在低压开关柜外壳规定位置注入模拟信号，验证传感器响应和智能运维单元的采集通道。注入信号幅值应可追溯至信号源的校准证书。

8.2 智慧化运维系统的整体验收试验

8.2.1 低压开关柜智慧化运维系统投入运行前，应进行整体验收试验。验收试验项目应包含：传感器接入完整性检查、数据上送正确性检查、预警触发与推送功能检查、通信中断缓存与补传功能检查、对时精度检查。

8.2.2 预警触发与推送功能检查应采用模拟量注入方式，逐一触发“注意”“异常”“严重”三个等级，记录从触发到平台推送完成的时间。推送时间不应大于 7.2.4 规定的限值。

8.2.3 通信中断缓存与补传功能检查应模拟通信链路中断不少于 10 min，中断期间注入不少于 20 条模拟监测记录，恢复通信后核对平台接收记录与注入记录的一致性。一致性核对应覆盖数据值、时间标签和质量标识。

8.3 与交接试验和预防性试验的衔接

8.3.1 低压开关柜智慧化运维系统的传感器安装和功能校验应在低压开关柜本体交接试验完成后进行。本体交接试验应执行 GB 50150 的规定。

8.3.2 智慧化运维系统所采集的状态监测数据不应替代 GB 50150 和 DL/T 596 规定的试验项目。预防性试验的周期和项目应继续执行 DL/T 596 的规定，智慧化运维数据应作为试验周期优化和检修策略调整的辅助依据，调整决定应经技术论证并记录论证依据。

9 运维安全要求

9.1 数据安全

9.1.1 低压开关柜智慧化运维系统采集的监测数据和运维记录应按 GB/T 36572 及电力监控系统安全防护的相关规定实施分级管理。涉及一次设备状态的关键监测数据应具备访问权限控制和操作审计功能。

9.1.2 平台与智能运维单元之间的通信应采用身份认证机制。未通过身份认证的智能运维单元不得向平台发送数据。

9.2 运维作业安全

9.2.1 在低压开关柜带电状态下进行传感器检查或更换作业时，应执行 GB 26860 规定的带电作业安全距离和绝缘防护要求。需要拆装的传感器应在低压开关柜停电并验电后操作；带电状态下仅应进行不接触传感器的外观检查。

9.2.2 智慧化运维系统的任何维护操作不应旁路或闭锁低压开关柜本体的机械联锁和电气联锁功能。

9.3 网络安全与固件管理

9.3.1 智能运维单元的固件升级应经过测试验证后方可实施。升级前应备份当前配置和本地存储的事件数据，升级后应核对备份数据的可恢复性。

9.3.2 平台应记录智能运维单元固件版本、升级时间和升级前版本。固件版本信息应作为设备台账的组成部分保持可追溯。