

T/TMAC

团 体 标 准

T/TMAC XXXX—2025

智能断路器负荷识别与故障预警技术规范

Technical specification for load identification and fault early warning of intelligent circuit breakers

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

已授权的专利证明材料为专利证书复印件或扉页，已公开但尚未授权的专利申请证明材料为专利公开通知书复印件或扉页，未公开的专利申请的证明材料为专利申请号和申请日期。

2025 – XX – XX 发布

2025 – XX – XX 实施

中国技术市场协会 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 基本要求 1

 4.1 功能 1

 4.2 软件 2

5 负荷识别 2

 5.1 参数采集 2

 5.2 识别性能 2

6 故障预警 2

 6.1 故障类型 2

 6.2 故障诊断 3

 6.3 故障报警 3

 6.4 故障记录查询 3

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××××提出。

本文件由中国技术市场协会归口。

本文件起草单位：××××。

本文件主要起草人：××××。

智能断路器负荷识别与故障预警技术规范

1 范围

本文件规定了智能断路器的基本要求、负荷识别和故障预警。
本文件适用于智能断路器负荷识别与故障预警。

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 30149 电网通用模型描述规范
GB/T 31992 电力系统通用告警格式
DL/T 645 多功能电能表通信协议

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

智能断路器 intelligent circuit breaker

具有电气测量及报警、状态感知、诊断维护及健康状态指示、故障及历史记录等功能，能进行本地或远程监控，并具有物联网(IoT)云平台连接能力，应直接或间接接入物联网云平台，且符合网络安全要求的断路器。

3.2

负荷识别 load identification

智能断路器通过对电路参数实时采集与分析，自动识别当前接入的用电设备类型、运行状态及负荷特性的过程。

3.3

故障预警 fault warning

以人工智能建模为基础，融合火力发电、新能源发电专业领域知识，可精准预测系统或设备在当前工况下的正常运行区间，当运行参数偏离正常运行工况时，提前发出告警。

4 基本要求

4.1 功能

- 4.1.1 断路器应具备远程浏览和监视、配电断路器的可视化监测、操作与控制、智能报警、曲线和趋势、运行报表及检修工单等运行维护管理功能。
- 4.1.2 断路器应具备采集设备台账信息、设备缺陷管理、设备定值管理及电子文档管理等电气设备资产管理功能。
- 4.1.3 断路器应具备电能质量监测、分析、处理等电能质量管理功能。
- 4.1.4 通信网络应能提供短消息、数据通道等通路传送物联网信息，应支持物联网信息双向传递和控制，提供网络控制、互联互通、移动性管理等功能。
- 4.1.5 断路器应具备电能效率管理功能。

4.1.6 断路器应保证负荷识别数据采集、故障诊断及报警信息的传输延迟不超过 1 s，满足实时监控与快速响应需求。

4.2 软件

- 4.2.1 断路器配置软件应包括配置工具软件和监控管理软件，提供服务器客户端架构(C/S 架构)、服务器浏览器架构(B/S 架构)，应配置专用移动端 APP/小程序。断路器配置软件应接入 IoT 云端平台。
- 4.2.2 配置工具软件应具备运行参数、符合 DL/T 645 的通信参数、数据汇总和转发、端口等参数配置，以及对资产信息设定；应支持负荷识别算法参数（如采样频率、识别阈值）及故障预警规则（如报警阈值、脱扣策略）的配置功能。
- 4.2.3 监控管理软件应能实现对感知层设备的数据采集（符合 GB/T 30149 的规定）、数据存储、数据分析归类，以及预警、报警（符合 GB/T 31992 的规定）等断路器功能；应提供负荷识别结果可视化展示（如负载类型占比、实时运行状态曲线）及故障预警信息实时推送、历史故障记录查询（含故障类别、参数、时间）功能；提供运行数据的综合分析，提供运行监视的 HMI 界面，提供远程操作控制功能，具备事件记录和历史数据查询，提供设备的运行状态、参数、寿命分析，以及提供电能质量事件、能源使用和分布数据的查询等功能。

5 负荷识别

5.1 参数采集

断路器应能实时采集谐波电流、电压、有功功率、无功功率、功率因数、剩余电流等电气参数。采样频率不应低于1 kHz。

5.2 识别性能

5.2.1 断路器应能通过算法自动识别负载类型、运行状态及负荷特性的功能，单一负载识别准确率不应小于 98%，混合负载识别准确率不应小于 95%。典型用电设备负荷识别清单如表 1。

表 1 典型用电设备负荷识别清单

设备类型	运行状态	关键负荷特性参数
电动车充电桩	待机/充电	功率范围、功率因数、谐波含量、动态特征
电磁炉	待机/加热	功率波动、谐波特征、功率因数、启动特性
空调	待机/运行/高频运行	功率范围、启动电流、功率因数、谐波
冰箱	待机/制冷运行/化霜	运行周期、功率范围、启动电流、功率因数
计算机	待机/运行/休眠	功率波动、功率因数、谐波、动态特征
微波炉	待机/加热	瞬时功率、功率因数、谐波、负载类型
洗衣机	待机/洗涤/脱水	功率波动、启动电流、功率因数、运行周期

- 5.2.2 断路器应能通过采集新电器稳定运行时的典型电气参数，自动生成特征模型并更新本地数据库，支持离线学习与云端协同学习两种模式。应支持通过移动端 APP/小程序手动录入新电器类型及铭牌参数，触发断路器对该设备的专项特征采集与模型优化。
- 5.2.3 新电器首次接入后，应在 30 s 内完成初步特征提取并给出临时识别标签（如“未知阻性负载”“未知变频设备”）。通过自动学习或用户辅助识别后，稳定识别准确率应在 10 min 内达到 90%以上，持续运行 24 h 后准确率应提升至 95%以上。
- 5.2.4 当混合负载中包含新电器时，整体识别准确率下降幅度不应超过 5%。

6 故障预警

6.1 故障类型

6.1.1 电气故障预警及保护

- 电气故障预警及保护应符合下列规定：
- a) 过载故障：回路电流达到额定电流 85%时应预警，超过额定电流时应执行保护；

- b) 短路故障：发生相间短路（线电压突然降至 0，电流突增至额定电流 10 倍以上）、接地短路时应执行保护；
- c) 过压：相电压超过额定电压 1.1 倍时应预警，超过额定电压 1.2 倍时应执行保护；
- d) 欠压：相电压低于额定电压 0.85 倍时应预警，低于额定电压 0.7 倍时应执行保护；
- e) 电压不平衡：三相电压不平衡度超过 2%时应预警，超过 5%时应执行保护；
- f) 缺相：任一相电压低于额定值的 10%或电流为 0 A，持续时间超过 500 ms 时应执行保护；
- g) 漏电：剩余电流为 15 mA 时应预警，30 mA 时应执行保护；
- h) 过温：触头温度超过 70 °C时应报警，达到 90 °C时应执行保护；
- i) 谐波超标：总谐波畸变率（THD）超过 5%（电压）或 10%（电流），或单次谐波超过标准限值时应预警；
- j) 电压波动与闪变：电压波动幅度超过 2%，短时闪变值（Pst）超过 1.0 时应预警。

6.1.2 机械与操作故障

当发生下列情况时，应视为发生机械与操作故障：

- a) 操作机构故障：分合闸线圈断线、电磁铁卡涩、储能弹簧失效，导致分合闸时间超过标准值 1.5 倍；
- b) 触头故障：触头磨损（厚度小于初始值的 50%）、触头粘连（分闸后回路仍导通）；
- c) 脱扣器故障：热脱扣器失效（过载时不动作）、电磁脱扣器误动作（无短路时触发）。

6.1.3 通信与系统故障

当发生下列情况时，应视为发生通信与系统故障：

- a) 本地通信故障：与配电终端的 RS485/LoRa 通信中断超过 10 s，或数据丢包率超过 5%；
- b) 远程通信故障：与 IoT 云平台的 4G/5G/Wi-Fi 连接中断超过 30 s，或心跳包响应超时；
- c) 软件故障：嵌入式系统死机、数据存储异常、算法运行超时（负荷识别超过 1 秒未返回结果）。

6.1.4 性能退化故障

当发生下列情况时，应视为发生性能退化故障：

- a) 触头电寿命损耗：累计分断电流超过额定电寿命的 80%；
- b) 绝缘老化：绝缘电阻低于 100 MΩ（2500 V 兆欧表测量），或介损因数超过 0.01；
- c) 备用电源故障：内置备用电池电压过低，或续航时间不足 2 h。

6.2 故障诊断

故障诊断应实时在线监测电压、电流和状态信息等运行参数，应实时监测断路器的过载、过欠压和短路、漏电、缺相等故障动作信息，并且主动上报软件管理系统；显示故障类别，故障参数，发生时间。

6.3 故障报警

故障报警应采集过载电流、过欠电压、缺相运行等报警信息上报软件管理系统，应有声光报警，对过电压、欠电压、剩余电流动作等故障应可选择脱扣或只报警不脱扣设置，应具有远程故障报警功能。

6.4 故障记录查询

断路器应对故障跳闸、报警、监测、计量、自诊断等数据记录和存储，电源断电后应仍具有数据保存功能，应能临时贮存断路器采集信息并按通信规约文件传输的功能召唤后向软件管理系统传送。历史故障记录应能查询故障类别、故障参数、故障发生时间。