ICS 29.080.99
CCS K 49

T/CS

团 体 标 准

T/CS 780—2026

避雷器阻性电流在线监测数据诊断规程

Code of practice for diagnosis of on-line monitoring data of resistive current of surge arresters

2026 - 10 - 16 发布　　2026 - 10 - 16 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 符号和缩略语 2
5 总体要求 2
6 监测系统要求 3
7 数据采集与处理 4
8 诊断方法 5
9 诊断判据 6
10 诊断报告与记录 8
11 诊断周期与管理要求 8

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。

本文件由皖能电气有限公司提出。

本文件由中国商品学会归口。

本文件起草单位：皖能电气有限公司、新疆和能电气有限公司、中安达电气科技股份有限公司、河北工程大学、人民电器集团有限公司。

本文件主要起草人：黎莎莎、张庆柱、黄仁安、陶金、朱巧芬、陈承键。

避雷器阻性电流在线监测数据诊断规程

1 范围

本文件规定了交流无间隙金属氧化物避雷器阻性电流在线监测数据诊断的术语和定义、符号和缩略语、总体要求、监测系统要求、数据采集与处理、诊断方法、诊断判据、诊断报告与记录、诊断周期与管理等方面的要求。

本文件适用于系统标称电压 110（66） kV 及以上交流无间隙金属氧化物避雷器（以下简称避雷器）阻性电流在线监测数据的诊断。

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 11032 交流无间隙金属氧化物避雷器

GB/T 17626.2 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验

GB/T 17626.4 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验

GB/T 17626.5 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌（冲击）抗扰度试验

GB/T 17626.11 电磁兼容 试验和测量技术 第 11 部分：对每相输入电流小于或等于 16 A 设备的电压暂降、短时中断和电压变化抗扰度试验

DL/T 393 输变电设备状态检修试验规程

DL/T 474.5 现场绝缘试验导则 避雷器试验

DL/T 500 电压监测仪使用技术条件

DL/T 664 带电设备红外诊断应用规范

DL/T 804 交流电力系统金属氧化物避雷器使用导则

DL/T 860.81 电力自动化通信网络和系统第 8-1 部分:特定通信服务映射(SCSM)—映射到 MMS（ISO 9506-1 和 ISO 9506-2）及 ISO/IEC 8802-3

DL/T 860.92 电力自动化通信网络和系统 第 9-2 部分：特定通信服务映射（SCSM）-基于 ISO/IEC 8802-3 的采样值

DL/T 987 氧化锌避雷器阻性电流测试仪通用技术条件

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

阻性电流 resistive component of current

通过避雷器的工频电流阻性分量的峰值，是由非线性电阻片的电阻所决定的那部分电流。

3.2

全电流 total current

流过避雷器的总泄漏电流有效值，包含阻性电流分量和容性电流分量。

3.3

相位角 phase angle

避雷器全电流与系统电压之间的相位差角，单位为度（°）。

3.4

在线监测 on-line monitoring

在避雷器不停电、不退出运行的条件下，利用传感器和数据采集装置连续或定期自动获取避雷器运行状态参量的过程。

4 符号和缩略语

下列符号和缩略语适用于本文件

MOA：金属氧化物避雷器（Metal-Oxide Arresters）

I_r：阻性电流基波峰值

I_t：全电流有效值

I_{r3}：阻性电流 3 次谐波分量

Φ：全电流与电压之间的相位角

ΔI_r：阻性电流相对变化率

U_{1mA}：直流 1 mA 参考电压

δ：横向比较偏差率

T：环境温度

RH：环境相对湿度

5 总体要求

5.1 诊断工作原则

5.1.1 避雷器阻性电流在线监测数据的诊断应遵循下列原则：

a）在线监测与停电试验相结合的原则：在线监测数据诊断结果异常时，应采用停电试验进行验证；

b）动态监测与趋势分析相结合的原则：应基于历史监测数据进行趋势判断，不应仅依据单次监测值作出诊断结论；

c）纵向比较与横向比较相结合的原则：应同时进行同只避雷器不同时期的纵向比较和同组避雷器之间的横向比较。

5.1.2 诊断工作应符合 DL/T 804 中关于避雷器运行监测的基本要求。

5.2 数据有效性要求

5.2.1 用于诊断的监测数据应在避雷器正常运行电压下采集，系统电压偏差应在额定电压的±10%范围内。

5.2.2 用于诊断的数据应在 6.3.1 规定的环境条件内采集。环境温度偏离 20 ℃时，应按 8.3 进行温度修正；环境温度超出-40 ℃～+60 ℃、相对湿度大于 85%或出现凝露时，该时段数据无效，不应作为诊断依据。

5.2.3 每次诊断应至少采用连续 6 次有效采样数据的平均值，单次采样数据异常时不应作为诊断依据。

5.3 人员资质

5.3.1 从事避雷器阻性电流在线监测数据诊断的人员应具备电气工程或相关专业背景，并经过在线监测系统操作培训。
5.3.2 诊断人员应熟悉 GB/T 11032、DL/T 804 及本文件的技术要求。

5.4 安全要求

5.4.1 在线监测系统的安装、调试、维护及数据采集作业应遵守电力安全工作规程的相关规定。
5.4.2 在线监测装置的接入不应降低避雷器的绝缘水平和安全运行性能。
5.4.3 电流取样回路应具有防开路保护功能，电压取样回路应具有防短路保护功能。

6 监测系统要求

6.1 系统构成

避雷器阻性电流在线监测系统应包括下列部分：
a) 电流传感器：用于采集避雷器接地引下线上的全电流信号；
b) 电压采集单元：用于采集系统母线电压或避雷器端子电压信号，作为相位参考；
c) 数据采集单元：用于将传感器采集的模拟信号转换为数字信号并进行初步处理；
d) 数据传输单元：用于将采集的数据传输至数据处理与分析中心，可采用有线或无线通信方式，通信协议应符合 DL/T 860.81 及 DL/T 860.92 的要求；
e) 数据处理与分析单元：用于对采集的数据进行存储、分析、处理和诊断；
f) 人机交互界面：提供监测数据显示、查询、诊断结果输出等功能。

6.2 传感器与取样方式

6.2.1 电流传感器应采用穿心式电流互感器或零磁通电流传感器，安装于避雷器底座与计数器上端之间的接地连接线上。
6.2.2 穿心导线的通流能力不应低于原有接地线的通流能力。
6.2.3 电流传感器的准确度应满足：全电流±(1%读数+5 μA)，阻性电流±(5%读数+2 μA)。全电流测量范围应为 0.1 mA～50 mA（110（66） kV 及以上系统），阻性电流测量范围应为 10 μA～10 mA。
6.2.4 电压采集应采用母线电压互感器二次侧电压信号或避雷器端子处取样的电压信号。

6.3 监测装置性能要求

6.3.1 监测装置应在下列环境条件下正常工作：
a) 环境温度：-40 ℃～+60 ℃；
b) 相对湿度：≤85%（无凝露）；
c) 大气压力：80 kPa～110 kPa。
6.3.2 监测装置的性能应满足表 1 的要求。

表 1 监测装置性能

监测参量	测量范围	准确度要求
全电流有效值	0.1 mA～50 mA	±(1%读数+5 μA)
阻性电流基波峰值	10 μA～10 mA	±(5%读数+2 μA)
相位角	0° ～360°	±0.5°
注 1：准确度要求中的“读数”指监测装置显示值。 注 2：测量范围上限可根据被监测系统实际要求扩展。		

注 3：相位角有效诊断范围指用于阻性电流分离和诊断判据计算的相位角范围。

6.3.3 监测装置的电磁兼容性能应符合 GB/T 17626.2、GB/T 17626.4、GB/T 17626.5 及 GB/T 17626.11 的要求。试验等级按相应标准及产品技术条件确定。

6.4 电源与通信要求

6.4.1 监测装置的工作电源应为 AC 220 V±22 V，频率 50 Hz±0.5 Hz。
6.4.2 监测装置应具备电源失电报警功能，失电后应保存已有数据。
6.4.3 数据传输应支持实时传输和定时传输两种模式，定时传输周期可按需设定。

6.5 安装要求

6.5.1 在线监测装置的安装不应改变避雷器的电气连接方式和密封性能。
6.5.2 传感器安装后，接地引下线应保证可靠接地，接地电阻应符合相关标准要求。
6.5.3 监测装置的外壳防护等级不应低于 IP54（室内）或 IP65（户外）。

7 数据采集与处理

7.1 采样频率与同步要求

7.1.1 数据采集的采样频率不应低于 12.8 kHz，每个工频周期（20 ms）的采样点数不应少于 256 点。
7.1.2 电流信号与电压信号的采集应同步进行，同步误差不应超过 20 μs。
7.1.3 监测系统应每天至少完成 1 次完整的数据采集与诊断分析，并可按需远程或现场调整采样周期。

7.2 数据预处理

7.2.1 采集的原始数据应进行数字滤波处理，滤除高频噪声及带外干扰。
7.2.2 应对监测记录值进行异常值识别与剔除。单次监测记录值超出最近 30 天有效监测记录均值±3 倍标准偏差时，应标记为异常值并剔除；剔除后应补充采样。原始采样点的异常识别可按监测装置内置算法处理。
7.2.3 每次诊断应采用连续 6 次及以上有效采样的平均值作为诊断依据，采样间隔不小于 5 min。

7.3 特征量提取

7.3.1 阻性电流的提取可采用下列方法之一：
a) 基波法：基于全电流和电压的相位差，计算阻性电流基波分量；
b) 谐波分析法：通过傅里叶变换提取阻性电流的各次谐波分量；
c) 补偿法：通过容性电流补偿提取阻性电流。
7.3.2 特征量提取应包括下列内容：
a) 全电流有效值 I_t；
b) 阻性电流基波峰值 I_r；
c) 阻性电流 3 次谐波分量 I_{r3}；
d) 全电流与电压之间的相位角 Φ。
7.3.3 特征量提取方法应符合 DL/T 987 的相关要求。

7.4 数据存储与质量要求

7.4.1 监测数据应存入数据库，建立避雷器阻性电流历史数据档案，存储内容应包括：
a) 避雷器基本信息（设备名称、型号、编号、安装位置、投运日期）；

b）采样时间及对应的监测数据（全电流、阻性电流、相位角等）；

c）采样时的环境温度、环境湿度及系统运行电压。

7.4.2 监测数据应至少保存至避雷器退出运行。

7.4.3 数据存储应采用标准化格式，便于数据交换和综合分析。

8 诊断方法

8.1 一般规定

8.1.1 避雷器阻性电流在线监测数据的诊断应采用纵向比较法、横向比较法和趋势分析法相结合的综合诊断方法。

8.1.2 诊断应以阻性电流基波峰值 I_r 作为主要诊断参量，以全电流有效值 I_t 和相位角 Φ 作为辅助诊断参量。

8.2 阻性电流分离计算方法

8.2.1 采用基波法时，阻性电流基波峰值按公式（1）计算：

$$I_r = \sqrt{2} \cdot I_{t1} \cdot \cos\varphi_1 \quad \cdots\cdots (1)$$

式中：

I_r —— 阻性电流基波峰值，单位为微安（μA）；

I_{t1} —— 全电流基波峰值，单位为微安（μA）；

φ_1 —— 全电流基波与电压基波之间的相位角，单位为度（°）。

8.2.2 采用谐波分析法提取全电流基波分量后，按公式(1)计算。

8.2.3 阻性电流 3 次谐波分量按公式（2）提取：

$$I_{r3} = \sqrt{2} \times |I_3| \times \cos\varphi_3 \quad \cdots\cdots (2)$$

式中：

I_{r3} —— 阻性电流 3 次谐波分量，单位为微安（μA）；

I_3 —— 全电流 3 次谐波分量的有效值，单位为微安（μA）；

φ_3 —— 全电流 3 次谐波与电压 3 次谐波之间的相位角，单位为度（°）。

注：需在电压谐波含量可测且稳定的条件下使用。

8.3 温度修正方法

8.3.1 环境温度在 6.3.1 规定工作范围内但偏离 20 ℃时，应对阻性电流监测值进行温度修正。超出 6.3.1 规定工作范围的数据无效。

8.3.2 温度修正按公式（3）计算：

$$I_{r20} = \frac{I_{rT}}{1 + \alpha \times (T - 20)} \quad \cdots\cdots (3)$$

式中：

I_{r20} —— 修正到 20 ℃时的阻性电流值，单位为微安（μA）；

I_{rT} —— 环境温度 T 下测得的阻性电流值，单位为微安（μA）；

α —— 避雷器阻性电流的温度系数由避雷器制造厂提供；无制造厂资料时，可根据同型号避雷器历史监测数据回归分析确定，或参照 DL/T 474.5 的温度换算原则确定。

T —— 环境温度，单位为摄氏度（℃）。

注：当T＜0 ℃时，α取值及修正方法由制造厂提供；若无资料可按T=0 ℃修正。

8.4 纵向比较法

8.4.1 应将当前监测值与同一避雷器的初始值进行比较。

8.4.2 应将当前监测值与同一避雷器前一次监测值进行比较。

8.4.3 纵向比较的相对变化率按公式（4）计算：

$$\Delta I_r = \frac{I_r - I_{r0}}{I_{r0}} \times 100\% \quad \cdots\cdots (4)$$

式中：

$\triangle I_r$ —— 阻性电流相对变化率；

I_r —— 当前阻性电流监测值（经温度修正后），单位为微安（μA）；

I_{r0} —— 初始阻性电流值（经温度修正后），单位为微安（μA）。

8.5 横向比较法

8.5.1 应将同一变电站、同一电压等级、同一厂家、同一批次、同相别的不同避雷器的监测值进行比较。

8.5.2 横向比较的偏差率按公式（5）计算：

$$\delta = \frac{\left| I_{ri} - I_{r,\ n} \right|}{I_{r,\ n}} \times 100\% \quad \cdots\cdots (5)$$

式中：

δ —— 单相阻性电流横向偏差率；

I_{ri} —— 某一相阻性电流监测值（经温度修正后），单位为微安（μA）；

$I_{r,\ n}$ —— 同组正常相阻性电流监测值的算术平均值，单位为微安（μA）。

8.6 趋势分析法

8.6.1 应根据避雷器阻性电流的历史监测数据，绘制阻性电流随时间变化的趋势曲线。

8.6.2 应采用线性回归或移动平均法分析阻性电流的变化趋势，判断是否存在持续增长。

8.6.3 当连续3次及以上监测值呈现单调递增趋势时，应判定为趋势异常，加强跟踪监测。

9 诊断判据

9.1 一般规定

9.1.1 避雷器阻性电流在线监测数据的诊断结果应划分为正常、注意、异常、严重（危急）四个等级。

9.1.2 诊断判据的阈值基于纵向比较的相对变化率和横向比较的偏差率综合确定。

9.1.3 诊断判据中的阈值参考DL/T 804中关于避雷器运行状态评估的相关要求制定。

9.1.4 当同一监测数据同时满足两个及以上诊断等级判据时，应按最严重等级判定。

9.2 正常状态判据

9.2.1 阻性电流纵向比较相对变化率ΔI_r小于30%时，应判断为正常状态。

9.2.2 横向比较中各相阻性电流偏差率δ小于30%时，应判断为正常状态。

9.2.3 正常状态下，避雷器阻性电流基波峰值占全电流有效值的比例应为10%～25%（含10%，不含25%）。

9.3 注意状态判据

9.3.1 阻性电流纵向比较相对变化率 ΔI_r 达到 30%～50%（含 30%，不含 50%）时，应判断为注意状态。
9.3.2 横向比较中某一相阻性电流偏差率 δ 达到 30%～50%（含 30%，不含 50%）时，应判断为注意状态。
9.3.3 阻性电流基波峰值占全电流有效值的比例达到 25%～40%（含 25%，不含 40%）时，应判断为注意状态。
9.3.4 处于注意状态的避雷器，应加强监测，监测周期缩短至每 6 h 至少 1 次。

9.4 异常状态判据

9.4.1 阻性电流纵向比较相对变化率 ΔI_r 达到 50%～100%（含 50%，不含 100%）时，应判断为异常状态。
9.4.2 横向比较中某一相阻性电流偏差率 δ 达到 50%～100%（含 50%，不含 100%）时，应判断为异常状态。
9.4.3 阻性电流基波峰值占全电流有效值的比例达到 40%及以上时，应判断为异常状态。
9.4.4 处于异常状态的避雷器，应采取下列措施：

a) 连续监测，至少每 6 h 进行 1 次诊断分析；
b) 按照 DL/T 664 进行红外精确测温；
c) 结合历史数据和同组设备数据进行综合分析；
d) 确认避雷器存在异常时，应在 7 日内安排停电检查。

9.5 严重（危急）状态判据

9.5.1 阻性电流纵向比较相对变化率 ΔI_r 达到 100%及以上时，应判断为严重（危急）状态。
9.5.2 处于严重状态的避雷器，应立即采取下列措施：

a) 立即申请停电检查；
b) 按照 DL/T 474.5 进行直流试验，包括绝缘电阻测量、直流 1 mA 电压 U_{1mA} 测量及 0.75 U_{1mA} 下的泄漏电流测量；
c) 直流 1 mA 电压 U_{1mA} 与初始值或制造厂规定值的偏差超过±5%时，或 0.75 U_{1mA} 下的泄漏电流大于 50 μA 时，应退出运行，安排更换。

9.5.3 横向比较中某一相阻性电流偏差率 δ 达到 100%及以上时，应判断为严重（危急）状态。
9.5.4 严重状态判据优先于注意状态和异常状态判据。

9.6 诊断判据汇总

避雷器阻性电流在线监测数据诊断判据汇总见表 2。

表 2 避雷器阻性电流在线监测数据诊断判据

诊断等级	纵向比较 ΔI_r	横向比较 δ	阻性电流占全电流比例[a]	处置措施
正常	＜ 30%	＜ 30%	$10\% \leqslant I_r/I_t < 25\%$	按正常周期监测
注意	$30\% \leqslant \Delta I_r < 50\%$	$30\% \leqslant \Delta I_r < 50\%$	$25\% \leqslant I_r/I_t < 40\%$	诊断周期缩短至每 6 h 1 次
异常	$50\% \leqslant \Delta I_r < 100\%$	$50\% \leqslant \Delta I_r < 100\%$	≥ 40%	实时连续监测，至少每 6 h 进行 1 次诊断分析，7 日内安排停电检查

严重	≥ 100%	≥ 100%	—	立即申请停电检查
[a] 该比例为阻性电流基波峰值与全电流有效值之比，计算时单位应统一。				

10 诊断报告与记录

10.1 诊断报告内容

每次诊断应出具诊断报告，报告应包括下列内容：

a) 避雷器基本信息：设备名称、型号、出厂编号、安装位置、投运日期、制造厂；
b) 监测数据：监测日期、监测时间、全电流有效值、阻性电流基波峰值、相位角、环境温度、环境湿度、系统电压；
c) 诊断方法：所采用的诊断方法（纵向比较、横向比较、趋势分析）及计算过程；
d) 诊断结论：正常、注意、异常、严重四个等级之一；
e) 处置建议：根据诊断等级提出的具体处置措施；
f) 诊断人员签名及诊断日期。

10.2 报告格式

10.2.1 诊断报告应采用统一的标准化格式，宜包含封面、正文和附件。
10.2.2 诊断报告应包含数据趋势图，展示阻性电流随时间的变化曲线。

10.3 记录保存

10.3.1 诊断报告应存档保存，保存期限不应少于避雷器的设计使用寿命。
10.3.2 应建立避雷器阻性电流在线监测数据库，记录每次监测数据和诊断结果。
10.3.3 监测数据和诊断报告应作为避雷器状态评估和检修决策的依据，按照 DL/T 393 的要求纳入设备状态检修管理体系。

10.4 信息化管理

10.4.1 诊断报告宜采用电子化方式管理，支持远程查询和统计分析。
10.4.2 监测系统应具备自动生成诊断报告的功能。

11 诊断周期与管理要求

11.1 在线监测数据诊断周期

11.1.1 正常状态的避雷器，在线监测数据诊断周期应与监测系统的数据采集周期一致，每天至少获取 1 次监测数据并进行诊断分析。
11.1.2 新投运的 110（66） kV 及以上避雷器，投运后 3 个月内应每月至少进行 2 次专项诊断分析。
11.1.3 注意状态的避雷器，应至少每 6 h 进行 1 次诊断分析。
11.1.4 异常状态的避雷器，应至少每 6 h 进行 1 次诊断分析。
11.1.5 严重状态的避雷器，应立即停电检查，不再进行在线监测诊断。

11.2 监测系统巡检与校验周期

11.2.1 在线监测系统应每 6 个月进行 1 次全面巡检，检查内容包括：

a) 传感器及取样回路的完好性；
b) 数据采集与传输的可靠性；
c) 电源及通信状态；

d) 数据存储的完整性。

11.2.2 监测装置的校验周期不应超过 12 个月，校验应按照 DL/T 987 的相关要求进行。

11.2.3 校验内容应包括全电流测量准确度、阻性电流测量准确度和相位角测量准确度。

11.3 数据复核周期

11.3.1 诊断人员应每 3 个月对历史监测数据进行一次全面复核，评估避雷器阻性电流的整体变化趋势。

11.3.2 数据复核应包括下列内容：

a) 阻性电流的长期变化趋势；

b) 各相阻性电流的对称性变化；

c) 季节性和环境因素对监测数据的影响。

11.3.3 数据复核结果应形成复核报告，纳入避雷器设备档案。