

ICS 01.040.29
CCS K 46

团体标准

T/CPSS 1001—2025

配电网谐波溯源技术导则

**Technical guidelines for harmonic source tracing in
distribution network**



2025-01-22 发布

2025-01-23 实施

中国电源学会发布

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 1

5 总体原则 2

6 一般要求 2

7 溯源流程 2

8 溯源方法 3

附录 A（资料性） 谐波溯源分析报告 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。

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这些专利的责任。

本文件由中国电源学会提出并归口。

本文件起草单位：广西电网有限责任公司电力科学研究院、华北电力大学、国网河北省电力有限公司电力科学研究院、安徽大学、安徽安大清能电气科技有限公司、四川大学、南方电网科学研究院有限责任公司、国网福建省电力有限公司电力科学研究院、国网重庆市电力公司电力科学研究院、国网安徽省电力有限公司电力科学研究院、国网山西省电力公司电力科学研究院、海南电网有限责任公司电力科学研究院、广西桂鑫源电力发展有限公司、广州炫通电气科技有限公司、国网陕西省电力有限公司电力科学研究院、中国电力科学研究院有限公司、国网辽宁省电力有限公司电力科学研究院、辽宁东科电力有限公司、南京灿能电力自动化股份有限公司、深圳市中电电力技术股份有限公司、厦门奕昕科技有限公司、安徽一天电能质量技术有限公司、思源清能电气电子有限公司、浙江君亿环保科技有限公司、甘肃电通电力工程设计咨询有限公司、国际铜专业协会、云南电网有限责任公司文山供电局、上海电气集团输配电装备有限公司、成都恒锐智科数字技术有限公司。

本文件主要起草人：华回春、郭敏、周文、徐方维、丁同、周柯、高敏、白浩、马兴、林焱、伍智鹏、劳玉增、张冠锋、刘坤雄、姚东方、颜坤奕、张四海、吴小丹、杜广耸、肖梁乐、程绪可、袁凯、张海生、郭翔宇、黄炜、钱永亮、王伟岸、殷艳华、林俊浩、王小明。



配电网谐波溯源技术导则

1 范围

本文件规定了配电网谐波溯源的总体原则、一般要求、流程及方法。

本文件适用于110kV及以下配电网在谐波电压畸变超过GB/T 14549规定限值情况下的谐波溯源分析，为电能质量管理提供参考。谐波电压畸变不超过国标规定限值情况下的谐波溯源可参照执行。

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 12326 电能质量 电压波动和闪变

GB/T 14549 电能质量 公用电网谐波

GB/T 17626.30 电磁兼容 试验和测量技术 电能质量测量方法

3 术语和定义

GB/T 12326和GB/T 14549界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

谐波源 harmonic source

向公用电网注入谐波电流或在公用电网中产生谐波电压的电气设备。

[来源：GB/T 14549—1993，3.9]

3.2

谐波定量溯源 quantitative harmonic source tracing

系统侧和用户侧谐波源对关注节点处谐波影响程度的量化表达。

3.3

系统侧等效谐波阻抗 grid-side equivalent harmonic impedance

对关注节点系统侧网络进行戴维南或诺顿等效得到的谐波阻抗。

3.4

用户侧等效谐波阻抗 customer-side equivalent harmonic impedance

对关注节点用户侧网络进行戴维南或诺顿等效得到的谐波阻抗。

3.5

公共连接点 point of common coupling (PCC)

电力系统中一个以上用户的连接处。

[来源：GB/T 12326—2008，3.1]

4 符号

下列符号适用于本文件：

$I_{poc,h}$ ：关注节点处 h 次谐波电流幅值，单位为安培（A）；

$\bar{I}_{poc,h}$ ：关注节点处 h 次谐波电流幅值平均值，单位为安培（A）；

N ：样本容量；

$U_{\text{poc},h}$: 关注节点处 h 次谐波电压幅值, 单位为伏特 (V);
 $\bar{U}_{\text{poc},h}$: 关注节点处 h 次谐波电压幅值平均值, 单位为伏特 (V);
 $\dot{U}_{h0}$: h 次背景谐波电压相量, 单位为伏特 (V);
 Z_h : h 次谐波阻抗, 单位为欧姆 (Ω);
 $Z_{c,h}$: 用户侧 h 次谐波阻抗, 单位为欧姆 (Ω);
 $Z_{u,h}$: 系统侧 h 次谐波阻抗, 单位为欧姆 (Ω);
 r : 皮尔逊相关系数;
 $\theta_{\text{poc},h}$: 关注节点处端口等效 h 次谐波阻抗角, 单位为弧度 (rad);
 $\mu_{c,h}$: 用户侧 h 次谐波电压责任, 单位为%;
 $\mu_{u,h}$: 系统侧 h 次谐波电压责任, 单位为%。

5 总体原则

- 5.1 配电网谐波溯源应先排除测量环节对结果的影响因素, 确定谐波源真实存在后, 再进行溯源分析。
- 5.2 配电网谐波溯源遵循“先判断谐波主要来源于系统侧还是用户侧, 后开展谐波定量溯源”的原则。
- 5.3 溯源的谐波数据应该符合 GB/T 17626.30 的测量精度和数据聚合要求。

6 一般要求

- 6.1 配电网谐波溯源应结合电网架构、运行方式、负荷变化、无功及谐波治理设备投切等信息开展。
- 6.2 配电网谐波溯源方法所需数据应满足表 1 的要求。如果测量仪器不能提供谐波电压和谐波电流的相位差, 需要根据谐波电压幅值、谐波电流幅值、谐波有功功率和谐波无功功率推算相位差。

表1 溯源方法的数据要求

方法	数据类型			
	谐波电压幅值	谐波电流幅值	谐波电压和谐波电流相位差	谐波有功功率
相关性分析法	√	√	—	—
有功功率方向法	—	—	—	√
阻抗角判别法	—	—	√	—
波动量法	√	√	√	—

- 6.3 溯源结果只反应当前谐波数据所属时段的情况, 若系统运行方式、负荷生产工况发生变化, 则根据需要重新开展谐波监测和谐波溯源。

7 溯源流程

7.1 溯源步骤

谐波溯源按以下步骤进行:

- a) 确定关注节点。关注节点的选择见 7.2;
- b) 收集数据。收集关注节点的谐波测量数据, 具体数据要求、测试周期选择分别见 6.2 和 7.3;
- c) 选择溯源方法。若只需要辨识主导谐波源来源于系统侧还是用户侧, 可以选择相关性分析法和有功功率方向法或阻抗角判别法; 若需要定量划分关注节点两侧的谐波影响责任, 宜选择波动量法;
- d) 处理数据。采用溯源方法对谐波数据进行处理, 得到溯源结果;
- e) 输出溯源结果。编写谐波溯源分析报告, 报告主要内容可参考附录 A。

7.2 关注节点选择

对于不同的溯源对象, 关注节点可按以下原则选择:

- a) 对于专线用户, 关注节点宜选择在 PCC 处;
- b) 对于其它用户, 关注节点宜选择在用户 T 接点。若测试条件不满足, 可选择在用户的变电站、开闭所或上一级变电站 PCC 处。

7.3 测试周期选择

获取谐波溯源所需数据的测试周期应满足以下要求:

- a) 对于可能的主导谐波源尚不明确场景, 测试周期应不少于 24h;
- b) 对于可能的主导谐波源包含风电、光伏等新能源发电场站的场景, 测试周期应包含新能源发电场站发电容量达到其装机容量 80% 以上的时段;
- c) 对于可能的主导谐波源包含储能系统的场景, 测试周期应包含储能系统正常充、放电周期;
- d) 对于可能的主导谐波源包含钢铁冶炼等其它用电负荷的场景, 测试周期应包含该用电负荷的整个正常生产周期。

8 溯源方法

8.1 相关性分析与有功功率方向联合判别法

8.1.1 采用相关性分析法初判主导谐波源。相关性分析法通过分析关注节点处谐波电压幅值和谐波电流幅值波形的相关性来辨识主导谐波源。可运用皮尔逊相关系数 r 计算相关性, 分析过程如下:

- a) 根据关注节点处 N 个谐波数据 $U_{poc,h}$ 与 $I_{poc,h}$, 计算 $U_{poc,h}$ 与 $I_{poc,h}$ 的皮尔逊相关系数, 皮尔逊相关系数 r 的计算见公式 (1), 数值范围为 $-1 \sim 1$ 。

$$r = \frac{\sum_{i=1}^N (U_{poc,h}(i) - \bar{U}_{poc,h})(I_{poc,h}(i) - \bar{I}_{poc,h})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (U_{poc,h}(i) - \bar{U}_{poc,h})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^N (I_{poc,h}(i) - \bar{I}_{poc,h})^2}} \dots\dots\dots (1)$$

- b) 当皮尔逊相关系数大于阈值 (推荐取值 0.6) 时, 则 $U_{poc,h}$ 与 $I_{poc,h}$ 呈显著正相关性, 说明用户侧谐波源产生的谐波电流波动引起了关注节点处谐波电压波动, 初步判定主导谐波源在用户侧; 当皮尔逊相关系数小于阈值 (推荐取值 -0.6), $U_{poc,h}$ 与 $I_{poc,h}$ 呈显著负相关性, 说明用户侧谐波源引起的谐波电压和背景谐波电压叠加而减弱了关注节点处谐波电压运行水平, 初步判定主导谐波源在系统侧。

8.1.2 采用有功功率方向法再判主导谐波源。当关注节点处谐波有功功率方向与基波有功功率方向相同时, 判定主导谐波源在系统侧; 当关注节点处谐波有功功率方向与基波有功功率方向相反时, 判定主导谐波源在用户侧。

8.2 相关性分析与阻抗角联合判别法

8.2.1 采用相关性分析法初判主导谐波源。

8.2.2 采用阻抗角判别法再判主导谐波源。阻抗角判别法通过分析关注节点处谐波电压与谐波电流的相位差 $\theta_{poc,h}$ 在直角坐标系中的分布情况, 来识别主导谐波源。当相位差 $\theta_{poc,h}$ 位于第一、四象限, 判断主导谐波源在系统侧; 当相位差 $\theta_{poc,h}$ 位于第二、三象限时, 判断主导谐波源在用户侧。

8.3 波动量法

波动量法首先通过关注节点处谐波电压、谐波电流的波动量计算系统侧或用户侧谐波阻抗, 然后计算主导谐波源的谐波定量责任。具体过程如下:

- a) 获取关注节点处 N 个谐波数据 $U_{poc,h}(i)$ 、 $I_{poc,h}(i)$ 和相角差 $\theta_{poc,h}(i)$, ($i = 1, \dots, N$), 计算相邻 2 个样本谐波电流幅值 $I_{poc,h}(i)$ 和 $I_{poc,h}(i-1)$ 的差值, 标记差值最大的 i 为 p ;

根据公式 (1) 估计谐波阻抗 Z_h 。若计算结果 Z_h 符合系统侧谐波阻抗特征, 得到的谐波阻抗为系统侧谐波阻抗 $Z_{u,h}$, 若计算结果 Z_h 符合用户侧谐波阻抗特征, 得到的谐波阻抗为用户侧谐波阻抗 $Z_{c,h}$;

$$Z_h = \frac{U_{poc,h}(p) - U_{poc,h}(p-1)}{I_{poc,h}(p) - I_{poc,h}(p-1)} \angle \theta_{poc,h}(p) \dots\dots\dots (2)$$

- b) 若根据公式(1)计算得到的阻抗是系统侧谐波阻抗,则根据式(2)计算第*i*个数据点处用户侧谐波定量溯源值 $\mu_{c,h}(i)$,并进一步根据公式(3)计算第*i*个数据点处系统侧谐波定量溯源值 $\mu_{u,h}(i)$:

$$\mu_{c,h}(i) = \frac{|Z_{u,h}|^2 I_{poc,h}^2(i) + U_{poc,h}^2(i) - U_{0,h}^2(i)}{2U_{poc,h}^2(i)} \times 100\% \quad (3)$$

$$\mu_{u,h}(i) = 1 - \mu_{c,h}(i) \quad (4)$$

其中, $\dot{U}_{0,h}(i) = U_{poc,h} \angle \theta_{poc,h}(i) - Z_{u,h} I_{poc,h}(i) \angle 0^\circ$ 。

- c) 若根据公式(1)计算得到的阻抗是用户侧谐波阻抗,则根据式(4)计算第*i*个数据点处系统侧谐波定量溯源值,并进一步根据公式(5)计算用户侧谐波定量溯源值。

$$\mu_{u,h}(i) = \frac{|Z_{c,h}|^2 I_{poc,h}^2(i) + U_{poc,h}^2(i) - U_{0,h}^2(i)}{2U_{poc,h}^2(i)} \times 100\% \quad (5)$$

$$\mu_{c,h}(i) = 1 - \mu_{u,h}(i) \quad (6)$$

其中, $\dot{U}_{0,h}(i) = U_{poc,h} \angle \theta_{poc,h}(i) - Z_{c,h} I_{poc,h}(i) \angle 0^\circ$ 。

- d) $\mu_{c,h}$ 、 $\mu_{u,h}$ 分别确定用户侧、系统侧谐波源对PCC处*h*次谐波影响的占比。

8.4 逐层逐级溯源分析

8.4.1 如果在关注节点处判定用户侧为主导谐波源,并且该节点处馈线是单一用户线路,判定该用户为谐波扰动来源。若该节点处馈线不是单一用户线路,可进一步在该馈线范围内开展溯源分析,直至确定谐波扰动来源。

8.4.2 如果在关注节点处判定系统侧为主导谐波源,则在同一级母线下各馈线和上一级供电变电站开展溯源分析。

附录 A
(资料性)
谐波溯源分析报告

A.1 概述

谐波溯源的任务来源、必要性、主要内容、目的等。

A.2 谐波扰动溯源收资情况

对关注节点上游电网和下游用户的基本情况进行介绍，包括电网架构、运行方式、负荷性质、用电规模、同一变电站或母线下干扰源用户及新能源厂站信息，同一变电站或母线下无功设备配置情况等。

A.3 现象及数据

描述谐波扰动现象、谐波在线监测或现场测试数据、测试仪器配置信息、电压互感器、电流互感器等信息。

A.4 谐波溯源分析及结论

详细叙述谐波溯源采用的方法、计算分析过程及结论。

A.5 建议或其它相关内容

给出谐波治理的方法或控制装置。