附件10

ICS 29.240

CCS F24

团体标准

发 布

中国电机工程学会

20XX—XX—XX实施

20XX—XX—XX发布

变电站局部放电空间宽带射频定位检测法

Free-space broadband RF based partial discharge positioning detection method in substations

（征求意见稿）

T/CSEE XXXX—YYYY

代替 T/XXXX

目  次

前  言 3

1 范围 4

2 规范性引用文件 4

3 术语和定义 4

3.1 局部放电 4

3.2 带电检测 4

3.3 宽带射频 4

3.4 局部放电空间宽带射频检测定位装置 5

3.5 局部放电相位分布图 5

3.6 脉冲序列相位分布 5

3.7 检测灵敏度 5

3.8 动态范围 5

3.9 信号分类准确率 5

3.10 定位精度 5

3.11 局部放电类型正确识别率 5

4 检测原理 5

5 系统结构 6

5.1 宽带射频传感器 6

5.2 信号采集处理单元 6

5.3 分析计算单元 6

6 技术要求 6

6.1 工作条件 6

6.2 通用技术要求 6

6.3 功能要求 6

6.4 性能特性 7

7 试验项目及要求 8

7.1 试验环境 8

7.2 通用技术条件试验 8

7.3 功能检查 8

7.4 性能特性测试 8

8 检测规则 9

8.1 型式试验 9

8.2 出厂试验 9

8.3 入网检测试验 9

8.4 到货抽检 9

8.5 定期试验 9

9 标志、包装、运输、贮存 9

9.1 标志 10

9.2 包装 10

9.3 运输 10

9.4 贮存 10

前  言

为规范指导局部放电空间宽带射频定位检测技术在变电站电力设备运维检修中的应用，特制定本标准。

本标准按照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。

本文件由中国电机工程学会提出并归口。

本文件主要起草单位：中国电力科学研究院有限公司

本文件参加起草单位：中国电力科学研究院有限公司、全球能源互联网欧洲研究院、华北电力大学、国网电力科学研究院武汉南瑞有限责任公司、贵州电网有限责任公司贵阳供电局、国网陕西省电力有限公司电力科学研究院、西安交通大学、上海交通大学、上海格鲁布科技有限公司、上海朋禾智能科技有限公司

本文件主要起草人：邓辉，黄辉，杨智豪，郭经红，鞠登峰，魏建国，刘伟麟，田文锋，李雄，成林，齐波，郑书生，刘诣，李春龙，黄凤，孙晓艳，黄莉，高志东，曾鹏飞，谢荣斌，吴玉柱，靳斌

变电站局部放电空间宽带射频定位检测法

1. 范围

本标准规定了变电站局部放电空间宽带射频定位检测法的系统结构及功能、技术要求、测试方法、检验规则等。

本标准适用于局部放电空间宽带射频定位检测法在110KV及以上电压等级变电站、换流站的。高压设备（变压器、换流变、套管、高抗、GIS等）内部局放的带电检测应用，以及空间宽带射频定位检测装置的设计和检验。

1. 规范性引用文件

下列文件对本标准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。

DL/T 417—2006 电力设备局部放电现场测量导则

Q/GDW 1168—2013 输变电设备状态检修试验规程

QGDW 11304.1-2023 电力设备带电检测仪器技术规范第1部分：通用

QGDW 11304.8-2019 电力设备带电检测仪器技术规范 第8部分：特高频局放检测仪

Q\_GDW11059.2-2018 气体绝缘金属封闭开关设备局部放电带电测试技术现场应用导则 第2部分：特高频法

JJF 1048-1995 数据采集系统校准规范

GB/T 191 包装储运图示标志

1. 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

* 1. 局部放电 partial discharge

 指设备绝缘系统中部分被击穿的电气放电，这种放电可以发生在导体（电极）附近，也可发生在其他位置。

 [DL/T 417—2006，术语和定义3.1]

* 1. 带电检测 energized test

在运行状态下，对设备状态量进行的现场检测，其检测方式为带电短时间内检测，有别于长期连续的在线监测。

[Q/GDW 1168—2013，术语和定义3.1]

* 1. 宽带射频 broadband RF

指检测装置对射频信号的检测带宽至少覆盖100MHz~600MHz，采样率至少满足奈奎斯特采样定理要求。

* 1. 局部放电空间宽带射频检测定位装置 Free-space broadband RF based partial discharge positioning detection device

在电力设备运行状态下，对其局部放电产生的宽频电磁波信号进行检测、分类和定位的装置。

* 1. 局部放电相位分布图(PRPD) phase-resolved partial-discharge pattern

在一段时间内统计和描述局部放电信号的幅值、频次和相位关系的二维或三维图谱。

* 1. 脉冲序列相位分布(PRPS) phase-resolved pulse-sequence pattern

描述局部放电信号的幅值、相位和时间关系的三维图谱。

* 1. 检测灵敏度 detection sensitivity

指在实验室检定条件下，检测装置所能分辨的最小脉冲电场强度峰值 *Eimin*。

* 1. 动态范围dynamic scope

在实验室检定条件下，检测装置所能检测的最大可测脉冲电场强度峰值*Eimax*与最小瞬态电场强度峰值*Eimin*的比值，用对数方式表示为。

* 1. 信号分类准确率accuracy of signal class

每次试验设置*m*个模拟放电源同时放电，检测装置能够准确检测分类*m*个信号，则计为分类准确1次，进行*a*次试验，检测装置分类准确的次数为*b*，二者比值（*b*/*a*）为信号分类正确率，用百分数表示。

* 1. 定位精度accuracy of positioning

在测试现场建立坐标系，记录模拟放电源的真实位置（*xi*,*yi*），检测装置计算的定位结果以坐标值（*x’i*,*y’i*）表示，则检测装置的定位精度为。

* 1. 局部放电类型正确识别率recognition accuracy of partial discharge type

对已知模拟放电源进行*N*次诊断，每次诊断给出概率最大的放电类型与已知放电源类型一致的次数为*n*，二者比值（*n*/*N*）为正确识别率，用百分数表示。

1. 检测原理

电力设备内部发生局部放电时会产生持续时间短、陡度很大的脉冲电流，可激发出宽频带电磁波信号。设备内部电磁波信号通过非金属绝缘部分（如箱体缝隙、套管等）向外辐射，通过宽带射频传感器阵列耦合至检测装置，进而计算分析实现局部放电检测、分类辨识和定位。

1. 系统结构

系统结构由宽带射频传感器、信号采集处理单元和分析计算单元等组成，如图1所示。



图1 变电站局部放电空间宽带射频定位检测系统结构图

* 1. 宽带射频传感器

 用于耦合设备内部局部放电产生的电磁波信号，安装方式主要为外部非接触式安装。

* 1. 信号采集处理单元

对传感器耦合的模拟信号进行滤波、放大、脉冲检测及模数转换。

* 1. 分析计算单元

实现局部放电信号的分析、处理及数据存储，并具备人机交互功能。

1. 技术要求
	1. 工作条件

6.1.1 使用环境条件

变电站局部放电空间宽带射频定位检测装置的使用环境要求如下：

a） 环境温度：-10℃～50℃；

b） 环境相对湿度：50℃(5～90)%RH；

c） 大气压力：(80kPa～110)kPa。

6.1.2 工作电源

变电站局部放电空间宽带射频定位检测装置的工作电源为交流电源：220(1±10%) V，频率50(1±5%) Hz。

* 1. 通用技术要求

通用技术要求应按照Q/GDW 11304.1-2023中的相关条目执行。

* 1. 功能要求

6.3.1 基本功能

基本功能按照Q/GDW 11304.1-2023中6.2.1规定执行。

6.3.2 专项功能

a） 应能实现局部放电的空间宽带射频检测，具备多个放电源同时定位的功能；

b） 应具有电压相位信息同步功能，并具备 PRPD、PRPS谱图实时显示功能；

c） 检测结果图谱显示应具有一定的动态刷新速率，刷新频率不小于每秒1次；

d） 测试数据的存储和导出应包括图片和数据文件方式，数据文件内容应包括放电脉冲信号波形信息、信号分类结果、各类信号定位结果等，并具备测试数据查看和管理功能；

e） 同时检测通道数应不少于3个；

f） 应具备放电脉冲信号时域波形和频谱展示功能；

g） 应具有放电类型识别诊断功能。

* 1. 性能特性

6.4.1 检测带宽

指检测装置对射频信号的检测带宽至少覆盖100MHz~600MHz，采样率至少满足奈奎斯特采样定理要求。

6.4.2 检测灵敏度

检测装置（含传感器）的检测灵敏度应不大于7.6V/m（17.6dBV/m）。

6.4.3 动态范围

检测装置的动态范围不应小于40dB，在动态范围内检测结果应能有效反映局部放电强度的变化。

6.4.4 信号分类准确率

检测装置在同时有多类（≥5个）电磁脉冲信号的情况下，能够自动对检测信号进行分类并标识，信号分类准确率不低于80%。

6.4.5 放电信号定位精度

检测装置在同时有多个（≥5个）放电源的情况下，能够对各放电源准确定位，且定位精度≤1m。

6.4.6 局部放电类型的正确识别率

检测装置应能正确判断典型局部放电类型，包括：自由金属颗粒放电、悬浮电位体放电、沿面放电、绝缘件内部气隙放电、金属尖端放电等，可对局部放电发生的类型进行统计，诊断结果应当简单明确，典型缺陷放电信号的正确识别率不低于80%。

6.4.7 其他要求

带电检测装置的其它要求如下：

a） 传感器特征阻抗应为50欧姆，传感器、射频同轴电缆、信号处理单元的连接宜采用N-50系列射频同轴连接器；

b） 射频同轴电缆应耐磨、抗弯折，具有良好的电磁屏蔽性能，检测装置每个检测通道配备的射频同轴电缆长度不小于10m；

c） 各类信号线、电源线的安装与连接应牢固、可靠；

d） 空间宽带射频检测定位装置应配置专用便携式防振仪器箱，主机机箱的设计、材料、工艺应具备较高的机械强度，适合变电站、配电站室、电缆隧道等电力设备检测现场环境。

1. 试验项目及要求
	1. 试验环境

除环境影响试验之外，其它试验项目应在如下试验环境中进行：

a） 环境温度：15℃～35℃；

b）相对湿度：25%～75%；

c）大气压力：80 kPa～110 kPa。

* 1. 通用技术条件试验

通用技术条件试验项目参照Q/GDW11304.1-2023中的相关条目执行。

* 1. 功能检查

功能检查应按6.3要求逐项检查，所有功能应能正确运行。

* 1. 性能特性测试

7.4.1 检测带宽试验

根据奈奎斯特采样定理，为达到检测带宽覆盖100MHz~600MHz，检测装置采样率应≥1.2GSPS，参照《JJF 1048-1995 数据采集系统校准规范》的第8章采样速率对检测装置的采样率进行试验。

同时在标准场强情况下，宽带射频传感器在100MHz~600MHz频率范围内接收功率实测值下降小于3dB，且在100MHz~600MHz内的平均有效高度≥13mm。

7.4.2 检测灵敏度试验

采用GTEM检测局部放电空间宽带射频检测定位装置(含传感器)所能检测的最小瞬态电场强度峰值，应符合6.4.2中的要求，参照Q/GDW 11304.8—2019的附录C进行试验。

7.4.3 动态范围试验

采用GTEM检测局部放电空间宽带射频检测定位装置(含传感器)所能检测的动态范围，其值应符合6.4.3中的要求，参照Q/GDW 11304.8—2019的附录C进行试验。

7.4.4 信号分类准确率试验

在实验室分别部署*m*个模拟放电源同时放电，形成多个放电源信号同时存在的测试环境。启动检测装置，若检测装置能够准确检测分类*m*个信号，则计为分类准确1次，进行不少于10次测试，统计计算信号分类准确率。

7.4.5 放电信号定位精度试验

在实验室分别部署多个（≥5个）模拟放电源，形成多个放电源信号同时存在的测试环境。在测试现场建立坐标系，记录各模拟放电源的真实位置（*xi*,*yi*）。启动检测装置，分析计算各类信号源的定位结果，并以具体坐标值（*xi’*,*yi’*）的形式来表示定位结果，进而计算检测装置定位结果与放电源真实位置的距离误差。

7.4.6 局部放电类型正确识别率试验

在能够稳定检测局部放电信号的情况下，检验检测装置能够准确识别自由金属颗粒放电、悬浮电位体放电、沿面放电、绝缘件内部气隙放电、金属尖端放电等典型放电类型，应对每种模型连续进行不少于20次的局部放电类型识别试验，结果应符合6.4.6中的要求。局部放电典型图谱参照Q/GDW 11059.2—2018中相关条目。

7.4.7 其他检查

其他检查应符合6.4.7的要求。

1. 检测规则

检验应分为型式试验、出厂试验、入网检测试验、到货抽检和定期试验。

* 1. 型式试验

型式试验是制造厂家将装置送交具有资质的检测单位，由检测单位依据试验条目完成检验。当出现下列情况之一时，应进行型式试验：

a） 新产品定型，投运前；

b） 连续批量生产的装置器每4年一次；

c） 正式投产后，如设计、工艺材料、元器件有较大改变，可能影响产品性能时；

d） 产品停产一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。

* 1. 出厂试验

每台产品出厂前，应由制造厂的检验部门进行出厂检验，全部检验合格后，附有合格证，方可允许出厂。

* 1. 入网检测试验

新产品、改型产品或产品初次进入电网应用时，应进行入网检测试验，试验合格后方可入网应用。

* 1. 到货抽检

到货抽检时，应按照每个供应商、每种型号不少于10%的比例(不少于1台)抽检，若抽检发现任意1台不合格，该供货商同型号产品需全部接受检测，器检测合格后，方可正式使用。另外，应对到货设备按型式试验标准开展不定期抽检。

* 1. 定期试验

使用中的局部放电空间宽带射频检测定位装置应每2年检验1次，以保证测量装置的准确可靠。

1. 标志、包装、运输、贮存
	1. 标志

9.1.1 每台装置应有明晰的铭牌，内容如下：

a） 装置型号；

b） 产品名称；

c） 制造厂名称及商标；

d） 装置参数；

e） 出厂年月及编号。

装置参数一般应包括：额定电压、额定功率、检测灵敏度、动态范围等。

9.1.2 在包装箱的适当位置，应标有显著、 牢固的包装标志，内容包括:

a） 发货厂名、产品名称、型号；

b） 包装箱外形及毛重；

c） 包装箱外面书写“防潮”、“小心轻放”、“不可倒置”等字样；

d） 包装箱的标志应符合GB/T 191的要求。

* 1. 包装

9.2.1 产品包装前应检查下列内容：

a） 产品的合格证书、产品说明书、出厂检测报告、附件、备品备件齐全；

b） 产品外观无损伤；

c） 产品表面无灰尘。

9.2.2 产品应有内包装和外包装，包装应有防尘、防雨、防水、防潮、防振等措施。

* 1. 运输

产品应适用于陆运、空运、水(海)运，运输装卸包装箱上的标准进行操作。

* 1. 贮存

包装好的装置应存贮在环境温度为-40℃～60℃、湿度不大于85%的库房内，室内无酸、碱、盐及腐蚀性、爆炸性气体，不受灰尘雨雪的侵蚀。。