

DB 65

新疆维吾尔自治区地方标准

DB65/T 4826—2025

新能源场站变电设备带电局部放电检测技术规范

Technical specification for electrified partial discharge detection of substation equipment in renewable energy power stations

2025 - 07 - 17 发布

2025 - 09 - 16 实施

目 次

前言	III
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
4.1 实施条件	2
4.2 检测要求	3
5 变压器带电检测	4
5.1 电力变压器带电检测项目、周期和判定方法	4
5.2 高频局部放电检测法	4
5.3 铁芯接地电流测量法	5
6 GIS 设备带电检测	7
6.1 GIS 设备带电检测项目、周期和判定方法	7
6.2 特高频局部放电检测法	7
6.3 超声波局部放电检测法	8
7 高压电缆带电检测	10
7.1 高压电缆带电检测项目、周期和判定方法	10
7.2 高频脉冲电流检测法	10
8 开关柜带电检测	12
8.1 开关柜检测项目、周期和判定方法	12
8.2 超声波检测法	12
8.3 暂态地电压检测法	13
附录 A（资料性） 高频局部放电判定方法	15
附录 B（资料性） 高频局部放电检测典型图谱	16
B.1 电晕放电	16
B.2 内部放电	17
B.3 沿面放电	19
附录 C（资料性） GIS 特高频、超声波局部放电检测典型图谱	20
C.1 GIS 特高频局部放电典型图谱类型	20
C.2 GIS 特高频局部放电典型图谱	20
C.3 GIS 特高频典型干扰图谱	24
C.4 GIS 超声波典型放电图谱	28
附录 D（资料性） 高压电缆高频脉冲电流检测局部放电典型图谱	31
附录 E（资料性） 高压开关柜暂态地电压局部放电检测典型图谱	32

参考文献 33

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。

本文件由新疆维吾尔自治区工业和信息化厅提出、归口并组织实施。

本文件起草单位：国华（哈密）新能源有限公司、招商新疆质量和标准化研究院有限公司、国网新疆电力有限公司电力科学研究院、新疆维吾尔自治区知识产权保护中心、新疆维吾尔自治区机械工程学会。

本文件主要起草人：陈国忠、黄伟岗、王海龙、于彦明、贺彦伟、高飞、张茂林、孙小磊、马平、周晓诚、冯斌、李军、韩玉凡、王廷旺、姚璐、陈岗、摆成伟、韩国望、贺芙蓉、刘明建、张亚明、王永昌、王萍、贾志超、李发红、邢海军、王永成、陈永静、白玉发、赵永凯。

本文件实施应用中的疑问，请咨询国华（哈密）新能源有限公司。

对本文件的修改意见和建议，请反馈至新疆维吾尔自治区工业和信息化厅（新疆乌鲁木齐市友好南路179号）、国华（哈密）新能源有限公司（新疆哈密市伊州区纬五路与环城路交叉口西140米）、新疆维吾尔自治区市场监督管理局（新疆乌鲁木齐市新华南路167号）。

新疆维吾尔自治区工业和信息化厅 联系电话：0991-4523014；传真：0991-4520676；邮编：830000

国华（哈密）新能源有限公司 联系电话：0902-8667253；传真：0902-8667234；邮编：839000

新疆维吾尔自治区市场监督管理局 联系电话：0991-2818750；传真：0991-2311250；邮编：830004

新能源场站变电设备带电局部放电检测技术规范

1 范围

本文件规定了新能源场站变电设备带电局部放电检测技术的总体要求以及变压器、气体绝缘金属全封闭开关设备（简称GIS）、35 kV高压电缆、开关柜的带电检测项目、周期和判定等内容。

本文件适用于电压等级35 kV~220 kV风电场、光伏电站中应用高频、特高频、超声波、高频脉冲电流、暂态地电压的测试。

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 26860 电力安全工作规程 发电厂和变电站电气部分

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

新能源场站 renewable energy stations

将太阳能、风能直接转换成电能的发电系统，主要包含风电机组、光伏方阵、变电设备，以及相关辅助设施等。

3.2

变电设备 substation equipment

光伏和风电汇集站接入的电力变压器、高压开关设备、电力电缆、气体绝缘金属封闭开关设备。

3.3

带电检测 energized detection

在运行状态下，由作业人员对设备状态量进行的现场检测或取样。带电检测包括例行带电检测和诊断性带电检测两类。

[来源：DL/T 393—2021,3.1.3]

3.4

高频局部放电检测 high frequency local discharge detection

对频率介于3 MHz~30 MHz的局部放电信号进行采集、分析、判断的一种检测方法。

3.5

高频脉冲电流检测 high frequency pulse current detection

利用高频CT或电容型传感器从高压电缆接地回路中提取电信号，信号经滤波、放大模数转换等方式，通过软件分析显示的一种检测方法，检测频率10 kHz~500 kHz。

3.6

超声波信号检测 ultrasonic signal detection

对频率介于20 kHz~200 kHz的声信号进行采集、分析、判断的一种检测方法。

3.7

特高频局部放电检测 **ultrahigh frequency local discharge detection**

对频率介于 300 MHz~3000 MHz 的局部放电信号进行采集、分析、判断的一种检测方法。

3.8

暂态地电压检测 **transient ground voltage detection**

一种利用电磁波在金属外壳开口处产生的暂态电压来检测电气设备的方法。通过检测地电压实现对电力设备局部放电的判别和定位。

3.9

电压幅值上升时间 **voltage amplitude rise time**

对于脉冲电流法,局部放电波形在经过传输回路和检测回路后电压幅值由10%上升至90%所用的时间,经现场大量测试,一般在20 ns以内。

3.10

相位图谱极性特征 **polarity characteristics of phase diagram**

判定脉冲信号是否属于设备内部局部放电,应结合相位图谱极性分析,正常运行时正弦工频电压在360°相位周期上,局部放电应呈现双极性,信号稳定在第一、第三相限且相位一般相差180°,若检测的相位图谱只呈单极性则有可能为外部尖端放点或电晕放电产生的干扰信号。

4 总体要求

4.1 实施条件

4.1.1 环境要求

包括以下内容:

- a) 检测温度: -10 °C~40 °C;
- b) 环境相对湿度: 5%~90%;
- c) 大气压力: 80 kPa~110 kPa;
- d) 检测时应避免手机、照相机闪光灯等无线信号的干扰;
- e) 室内检测应避免气体放电等对检测数据的影响;
- f) 进行检测时应避免振动带来的影响。

4.1.2 待测设备要求

包括以下内容:

- a) 设备应处于带电状态,且为额定气体压力;
- b) 待测设备上应无其他作业;
- c) 设备外壳应清洁、无覆冰;
- d) 应避开视线中的封闭遮挡物,如门和盖板等;
- e) 待测设备接地引线(或待测电缆本体)上应无其他耦合回路。

4.1.3 人员要求

包括以下内容:

- a) 应熟悉局部放电检测的基本原理、诊断程序和缺陷定性的方法;
- b) 应了解局部放电检测仪的技术参数和性能,掌握局部放电检测仪的操作程序和使用方法;
- c) 应了解被测电力设备的结构特点、运行状况和导致设备故障的基本因素;

- d) 应经过上岗培训并考试合格;
- e) 应具有一定的现场工作经验, 熟悉并能严格遵守电力生产和工作现场的相关安全管理规定;
- f) 检测当日身体状况和精神状况宜良好。

4.1.4 安全要求

包括以下内容:

- a) 应按《电力安全工作规程 (发电厂和变电站电气部分)》的规定填写变电站第二种工作票;
- b) 安规规定带电检测工作不应少于两人, 工作负责人应由有超声波局部放电带电检测经验的人员担任, 开始检测前, 工作负责人应向全体工作人员详细布置检测工作的各安全注意事项;
- c) 检测人员、测试仪器与电力设备的带电部位应保持足够的安全距离, 具体要求应符合 GB 26860 的规定;
- d) 应避开设备防爆口或压力释放口;
- e) 测试中, 电力设备的金属外壳应接地良好;
- f) 在使用传感器进行检测时, 应戴绝缘手套, 避免手部直接接触传感器金属部件;
- g) 应在良好的天气下进行, 如遇雷、雨、雾、雪天气不应进行检测工作, 风力大于 5 级时, 不宜进行检测工作;
- h) 行走中注意脚下, 防止踩踏设备管道、二次线缆;
- i) 防止传感器坠落而误碰设备;
- j) 保证被测设备绝缘良好, 不应在雷雨天气检测, 检测人员戴绝缘手套、穿绝缘靴, 防止触电。

4.2 检测要求

4.2.1 超声波检测仪或系统主要技术指标

包括以下内容:

- a) 灵敏度: 峰值灵敏度一般不小于 $60 \text{ dB}[V/(m/s)]$, 均值灵敏度一般不小于 $40 \text{ dB}[V/(m/s)]$;
- b) 检测频带: 用于 SF_6 气体绝缘电力设备的超声波检测仪, 一般在 $20 \text{ kHz} \sim 80 \text{ kHz}$ 范围内; 对于非接触方式的超声波检测仪, 一般在 $20 \text{ kHz} \sim 60 \text{ kHz}$ 范围内;
- c) 线性度误差: 不应超过 $\pm 20\%$;
- d) 稳定性: 局部放电超声波检测仪连续工作 1 h 后, 注入恒定幅值的脉冲信号时, 其响应值的变化不应超过 $\pm 20\%$ 。

4.2.2 特高频局部放电检测仪或系统主要技术指标

包括以下内容:

- a) 检测频率范围: 通常选用 300 MHz 到 3000 MHz 之间的某个子频段, 典型的如 $400 \text{ MHz} \sim 1500 \text{ MHz}$;
- b) 检测灵敏度: 65 dBmV 。

4.2.3 高频局部放电检测仪或系统主要技术指标

包括以下内容:

- a) 检测频率范围: 通常选用 $3 \text{ MHz} \sim 30 \text{ MHz}$ 之间;
- b) 检测灵敏度: 小于等于 $-100 \text{ dB}/10 \text{ pC}$;
- c) 高频电流传感器须有较强的抗工频的磁饱和能力。

4.2.4 暂态地电压局部放电检测仪器主要技术指标

包括以下内容:

- a) 检测频率范围: $3 \text{ MHz} \sim 100 \text{ MHz}$;
- b) 检测灵敏度: 1 dBmV ;
- c) 检测量程: $0 \text{ dBmV} \sim 60 \text{ dBmV}$;

- d) 检测误差：不超过±2 dBmV；
- e) 工作电源：直流电源 5 V~24 V，纹波电压不应大于 1%；交流电源 220(1±10%)V，频率 50(1±10%) Hz。

5 变压器带电检测

5.1 电力变压器带电检测项目、周期和判定方法

见表1。

表1 电力变压器带电检测项目、周期和判定方法

序号	项目		周期 ^a	判定方法
1	高频局部放电检测		半年/次	见附录 A
			投运后 1 周内	
			大修后 1 周内	
2	铁芯接地电流测量	≤100 mA	1 月/次	
		与历史数值比较无较大变化		
^a 数据分析还须综合考虑设备历史运行状况，同时结合其他带电检测试验结果，如油色谱试验、红外精确测温等手段进行综合分析。				

5.2 高频局部放电检测法

5.2.1 技术要求

包括以下内容：

- a) 适用于铁芯；
- b) 检测图谱应与标准图谱（见附录 B.5）比较；
- c) 新设备投运、大修后 1 周内完成；
- a) 数据发生变化时应在原检测周期内增加检测频次。

5.2.2 检测原理

检测时从变压器铁芯和夹件接地线上取信号。正常时应无典型放电图谱，高频局部放电检测典型图谱参见图B.5，检测原理图及接线如图1所示。当局部放电在电力设备很小的范围内发生时，局部击穿过程很快，将产生很陡的脉冲电流，脉冲电流将流经电力设备的接地引下线，同时会在垂直于电流传播方向的平面上产生磁场。通过在电力设备的接地线上安装高频电流传感器和相位信息传感器，从局部放电产生的磁场中耦合能量，再经线圈转化为电信号的方式，可检测判断电力设备中的局部放电缺陷。

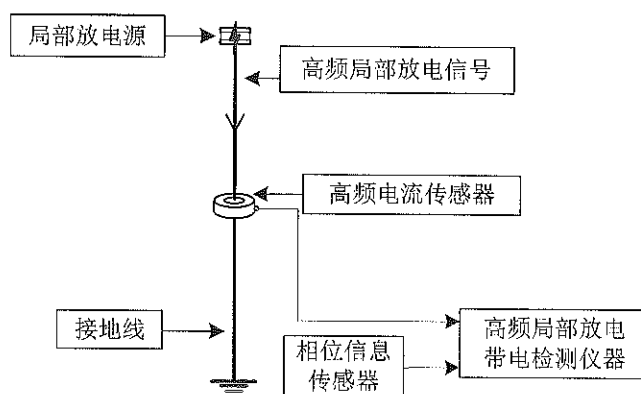


图1 变压器高频局部放电检测原理图

5.2.3 检测步骤

包括以下内容：

- 根据设备及现场情况选择适当的测试点，保持每次测试点的位置一致；
- 在变压器铁芯安装高频局部放电传感器和相位信息传感器；
- 开机后，运行监测软件，检查主机与电脑通信状况、同步状态、相位偏移等参数；
- 进行系统自检，确认各检测通道工作正常；
- 测试背景噪声，测试前将仪器调节到最小量程，测量空间背景噪声值并记录；
- 根据现场噪声水平设定各通道信号检测阈值；
- 开始测试，打开连接传感器的检测通道，观察检测到的信号，测试时间不少于 60 s；
- 若发现信号无异常，保存数据，退出并改变检测位置继续下一点检测；若发现信号异常，则延长检测时间并记录 3 组数据，进入异常诊断流程；
- 对于异常的检测信号，可使用诊断型仪器进行进一步的诊断分析，也可结合其它检测方法进行综合分析。

5.2.4 检测数据分析与判定

高频局部放电检测数据的判定方法参考附录A，开展数据分析时应根据相位图谱特征判断测量信号是否具备典型放电图谱特征或与背景或其他测试位置有明显不同，若具备，继续如下分析和处理：

- 同一类设备局部放电信号的横向对比。相似设备在相似环境下检测得到的局部放电信号，其测试幅值和测试图谱图应相似，同一变电站内的同类设备也可作类似横向比较；
- 同一设备历史数据的纵向对比。通过在较长的时间内多次测量同一设备的局部放电信号，可跟踪设备的绝缘状态劣化趋势，若测量值有明显增大，或出现典型局部放电图谱，可判断此测试点内存在异常，其中典型放电图谱参见图 B. 5。

5.3 铁芯接地电流测量法

5.3.1 技术要求

包括以下内容：

- 适用于铁芯；
- 检测数值应与最大允许值比较；
- 每月开展 1 次；

- d) 数据发生变化时应在原检测周期内增加检测频次。

5.3.2 检测原理

测试时首先确认变压器铁芯接地引线可靠接地、试验人员将钳形电流表电流卡钳打开，将变压器铁芯接地引线置于卡钳钳口中心位置，使钳形电流表与接地引下线保持垂直，待电流表数据稳定后，读取数据并做好记录，如图2所示。

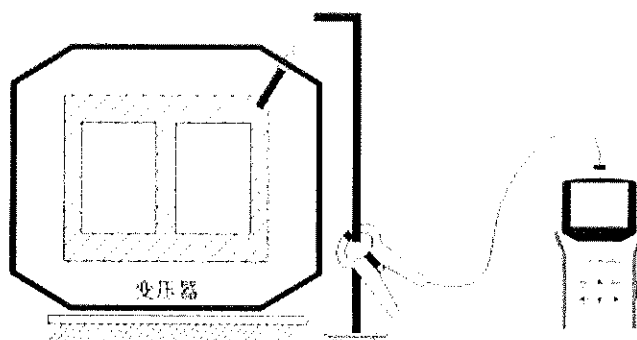


图2 铁芯接地电流检测原理图

5.3.3 检测步骤

包括以下内容：

- 打开测量仪器，电流选择适当的量程，频率选取工频（50 Hz），选取符合要求的最小量程，确保测量精确度；
- 在接地电流直接引下线段进行测试（历次测试位置应相对固定，将钳形电流表置于器身高度的下 1/3 处，沿接地引下线方向，上下移动仪表观察数值应变化不大，测试条件允许时可将仪表钳口以接地引下线为轴左右转动，观察数值也不应有明显变化）；
- 使钳形电流表与接地引下线保持垂直；
- 待电流表数据稳定后，读取数据并做好记录。

5.3.4 检测数据分析与判定

5.3.4.1 检测数据分析

数据分析须综合考虑设备历史运行状况、同类型设备参考数据，同时结合其他带电检测试验结果，如油色谱试验、红外精确测温及高频局部放电检测等手段进行综合分析；

5.3.4.2 检测数据判定

包括以下内容：

- 220 kV 及以下电力变压器铁芯接地电流应小于或等于 100 mA；
- 与上次检测数值比较无明显变化；
- 变压器铁芯接地电流检测结果受环境及检测方法的影响较大时，可通过历次试验结果进行综合比较，根据其变化趋势做出判断；
- 变压器铁芯接地电流大于 300 mA 应考虑铁芯（夹件）存在多点接地故障；
- 当怀疑铁芯多点间歇性接地时可利用在线检测装置进行连续检测。

6 GIS 设备带电检测

6.1 GIS 设备带电检测项目、周期和判定方法

见表2。

表2 GIS 带电检测项目、周期和判定方法

序号	项目	周期	判定方法
1	特高频局部放电检测	1 年/次	见附录A
		投运后 1 周内	
		大修后 1 周内	
2	超声波局部放电检测	半年至 1 年	正常：无典型放电波形或音响，且 < 10 dB 异常： $10 \text{ dB} \leq \text{检测数值} < 20 \text{ dB}$ 缺陷：数值 $\geq 20 \text{ dB}$
		投运后 1 周内	
		大修后 1 周内	
		必要时	

6.2 特高频局部放电检测法

6.2.1 技术要求

包括以下内容：

- f) 适用于非金属法兰绝缘盆子，带有金属屏蔽的绝缘盆子可利用浇注开口进行检测，其它结构参照执行；
- g) 新设备投运、大型检修后 1 周内完成；
- h) 数据发生变化时应在原检测周期内增加检测频次。

6.2.2 检测原理

局部放电产生的特高频电磁波信号在GIS中传播时衰减较小，由于电磁波的GIS重绝缘子等不连续反射，还会在GIS腔体中引起谐振，使的局部放电信号振荡时间加长，便于检测。

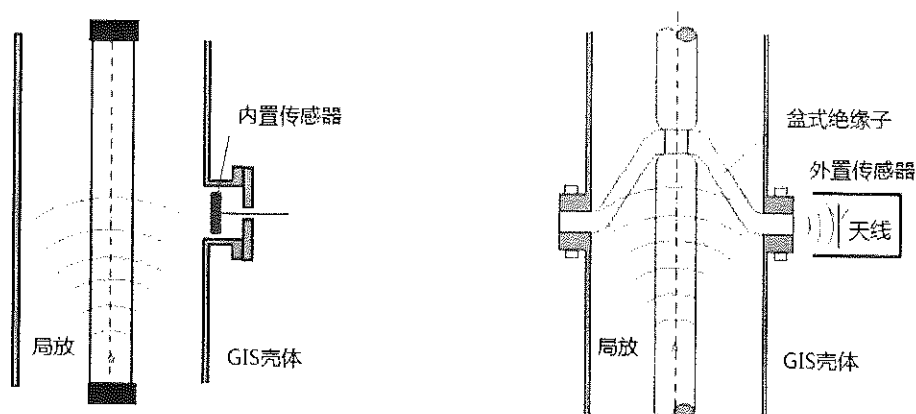


图3 特高频局部放电检测原理图

6.2.3 检测步骤

包括以下内容：

- a) 按照设备接线图连接测试仪各部件，将传感器固定在盆式绝缘子非金属封闭处，传感器应与盆式绝缘子紧密接触并在测量过程保持相对静止，并避开紧固绝缘盆子螺栓，将检测仪相关部件正确接地，检测仪主机连接电源，开机；
- b) 开机后，运行检测软件，检查仪器通信状况、同步状态、相位偏移等参数；
- c) 进行系统自检，确认各检测通道工作正常；
- d) 设置变电站名称、检测位置并做好标注。对于 GIS 设备，利用外露的盆式绝缘子处或内置式传感器，在断路器断口处、隔离开关、接地开关、电流互感器、电压互感器、避雷器、导体连接部件等处均应设置测试点。一般每个 GIS 间隔取 2 点~3 点，对于较长的母线气室，可 5 m~10 m 左右取一点，应保持每次测试点的位置一致，以便于进行比较分析；
- e) 将传感器放置在空气中，检测并记录为背景噪声，根据现场噪声水平设定各通道信号检测阈值；
- f) 打开连接传感器的检测通道，观察检测到的信号，测试时间不应少于 30 s。若发现信号无异常，保存数据，退出并改变检测位置继续下一点检测。若发现信号异常，则延长检测时间并记录多组数据，进入异常诊断流程。测量时应尽可能保持传感器与盆式绝缘子的相对静止，避免因为传感器移动引起的信号而干扰正确判断；
- g) 记录三维检测图谱，每个位置检测时间不应少于 30 s；
- h) 特高频信号较大，影响 GIS 本体的测试，则须采取干扰抑制措施，排除干扰信号，干扰信号的抑制可采用关闭干扰源、屏蔽外部干扰、软硬件滤波、避开干扰较大时间、抑制噪声、定位干扰源、比对典型干扰图谱等方法。

6.2.4 检测数据分析与判定

包括以下内容：

- a) 根据相位图谱特征判断测量信号是否具备典型放电图谱特征或与背景或其他测试位置有明显不同，若具备，继续如下分析和处理：排除外界环境干扰，将传感器放置于绝缘盆子上检测信号与在空气中检测信号进行比较；
 - 1) 对于无金属屏蔽的绝缘子应沿绝缘子外侧加装屏蔽带或采取屏蔽措施，防止设备内部信号从绝缘子传出被空气中传感器接收到造成误判），若一致并且信号较小，则基本可判断为外部干扰。若不一样或变大，则须进一步检测判断；
 - 2) 对于分相布置的设备，也可采用同位置不同相之间的比较，若三相之间存在较大差异，则基本可判断为内部信号，若三相之间无明显差异，则须结合超声波、高频局放等检测手段进一步判断信号源位置。
- b) 检测相邻间隔的信号，根据各检测间隔的幅值大小（即信号衰减特性）初步定位局放部位；
- c) 可使用工具把传感器绑置于绝缘盆子处进行长时间检测，时间不少于 15 min，进一步分析峰值图形、放电速率图形和三维检测图形，综合判断放电类型；
- d) GIS 特高频局部放电检测典型图谱、典型干扰图谱参见图 C.13~图 C.24。

6.3 超声波局部放电检测法

6.3.1 技术要求

包括以下内容：

- a) 适用于非金属法兰绝缘盆子，带有金属屏蔽的绝缘盆子可利用浇注开口进行检测，其它结构参照执行；

- b) 新设备投运、大型检修后 1 周内完成；
- c) 数据发生变化时应在原检测周期内增加检测频次。

6.3.2 检测原理

见图4。介质缺陷位置发生局部放电时，其瞬间释放的能量使分子间产生剧烈碰撞，并在宏观上形成一种压力产生从几十至几百千赫兹的超声波脉冲，该超声波信号将在液体、固体，甚至气体介质中扩散传播，此时局部放电源如同一个声源，向外发出超声波，检测人员将传感器至于被测设备外壳上，仪器对采集信息进行分析、诊断。

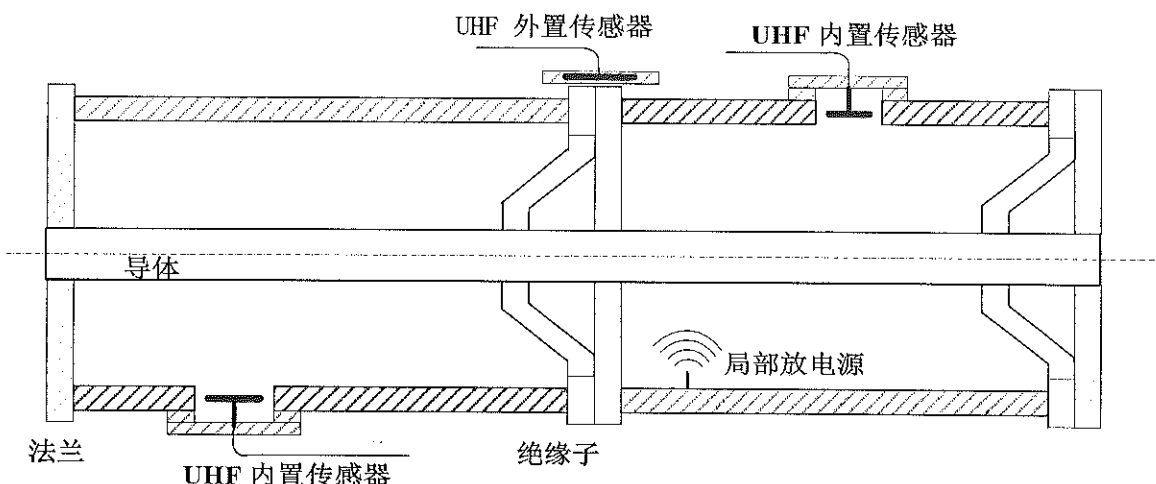


图4 超声波局部放电检测原理图

6.3.3 检测步骤

包括以下内容：

- a) 检查仪器完整性，按照仪器说明书连接检测仪器各部件，将检测仪器正确接地后开机；
- b) 开机后，运行检测软件，检查界面显示、模式切换是否正常稳定；
- c) 进行仪器自检，确认超声波传感器和检测通道工作正常；
- d) 若具备该功能，设置变电站名称、设备名称、检测位置并做好标注；
- e) 将检测仪器调至适当量程，传感器悬浮于空气中，测量空间背景噪声并记录，根据现场噪声水平设定信号检测阈值；
- f) 将检测点选取于断路器断口处、隔离开关、接地开关、电流互感器、电压互感器、避雷器、导体连接部件以及水平布置盆式绝缘子上方部位，检测前应将传感器贴合的壳体外表面擦拭干净，检测点间隔应小于检测仪器的有效检测范围，测量时测点应选取于气室侧下方；
- g) 在超声波传感器检测面均匀涂抹专用检测耦合剂，施加适当压力紧贴于壳体外表面以尽量减小信号衰减，检测时传感器应与被试壳体保持相对静止，对于高处设备，例如某些 GIS 母线气室，可用配套绝缘支撑杆支撑传感器紧贴壳体外表面进行检测，但须确保传感器与设备带电部位有足够的距离；
- h) 在显示界面观察检测到的信号，观察时间不应低于 15 s，若发现信号有效值/峰值无异常，50 Hz/100 Hz 频率相关性较低，则保存数据，继续下一点检测；
- i) 若发现信号异常，则在该气室进行多点检测，延长检测时间不少于 30 s 并记录多组数据进行幅值对比和趋势分析，为准确进行相位相关性分析，可利用具有与运行设备相同相位关系的电源

引出同步信号至检测仪器进行相位同步。亦可用耳机监听异常信号的声音特性，根据声音特性的持续性、频率高低等进行初步判断，并通过按压可能振动的部件，初步排除干扰。

6.3.4 检测数据分析与判定

根据连续图谱、时域图谱、相位图谱特征和指数图谱特征判断测量信号是否具备50 Hz/100 Hz相关性。若是，继续如下分析和处理：

- a) 同一类设备局部放电信号的横向对比，相似设备在相似环境下检测得到的局部放电信号，其测试幅值和测试图谱应比较相似，例如对同一 GIS 间隔 A、B、C 三相断路器气室同一位置的局部放电图谱对比，可帮助判断是否有放电；
- b) 同一设备历史数据的纵向对比，通过在较长的时间内多次测量同一设备的局部放电信号，可跟踪设备的绝缘状态劣化趋势，若测量值有明显增大，或出现典型局部放电图谱，可判断此测试部位存在异常，典型放电图谱参见图 C.1～图 C.12。

7 高压电缆带电检测

7.1 高压电缆带电检测项目、周期和判定方法

见表3。

表3 高压电缆带电检测项目、周期和判定方法

项目	周期	判定方法
电缆终端及中接头高频局部放电检测	1 年/次	见附录 A
	投运后 1 周内	
	大修后1周内	
	必要时	

7.2 高频脉冲电流检测法

7.2.1 技术要求

包括以下内容：

- a) 适用于电力电缆及其他电容性设备；
- b) 新设备投运、大型检修后 1 周内完成；
- c) 正常运行 1 年/次；
- d) 数据发生变化时应在原检测周期内增加检测频次。

7.2.2 检测原理

对于电力电缆设备，可在电缆附件接地线上安装高频局部放电传感器，在电缆单相本体上安装相位信息传感器。若存在无外屏蔽的电缆终端接头，高频局部放电传感器可安装在该段电缆本体上，使用时应注意放置方向，应保证电流入地方向与传感器标记方向一致。如图5所示。

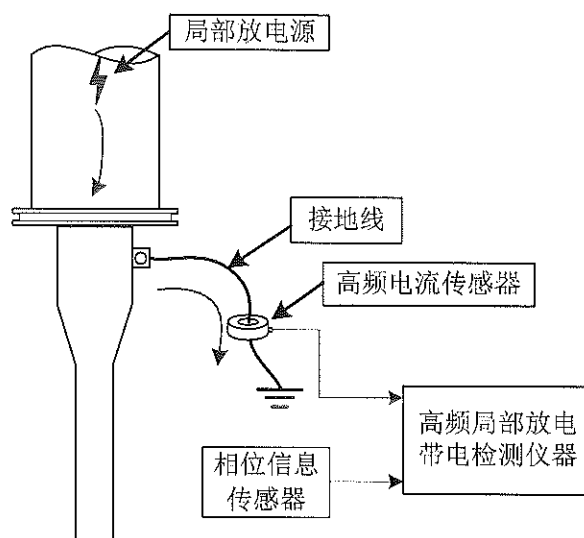


图5 电力电缆附件高频局部放电检测原理图

7.2.3 检测步骤

包括以下内容：

- 根据不同的电力设备及现场情况选择适当的测试点，保持每次测试点的位置一致，以便于进行比较分析；
- 在设备屏蔽层接地线安装高频局部放电传感器和相位信息传感器，设备电流方向应与传感器的标注要求一致；
- 开机后，运行监测软件，检查主机与电脑通信状况、同步状态、相位偏移等参数；
- 进行系统自检，确认各检测通道工作正常；
- 测试背景噪声。测试前将仪器调节到最小量程，测量空间背景噪声值并记录；
- 根据现场噪声水平设定各通道信号检测阈值；
- 开始测试，打开连接传感器的检测通道，观察检测到的信号。测试时间不少于 60 s；
- 若发现信号无异常，保存数据，退出并改变检测位置继续下一点检测；若发现信号异常，则延长检测时间并记录 3 组数据，进入异常诊断流程；
- 对于异常的检测信号，可使用诊断型仪器进行进一步的诊断分析，也可结合其它检测方法进行综合分析。

7.2.4 检测数据分析与判定

首先根据相位图谱特征判断测量信号是否具备典型放电图谱特征或与背景或其他测试位置有明显不同，若具备，继续如下分析和处理：

- 同一类设备局部放电信号的横向对比。相似设备在相似环境下检测得到的局部放电信号，其测试幅值和测试图谱应相似，同一变电站内的同类设备可作类似横向比较；
- 同一设备历史数据的纵向对比。通过在较长的时间内多次测量同一设备的局部放电信号，可跟踪设备的绝缘状态劣化趋势，若测量值有明显增大，或出现典型局部放电图谱，可判断此测试点内存在异常，判定方法参见附录 A，典型放电图谱参见附录 D。

8 开关柜带电检测

8.1 开关柜检测项目、周期和判定方法

见表4。

表4 开关柜检测项目、周期和判定方法

序号	项目	周期	判定方法
1	超声波局部放电检测	1 年/次	正常：无典型放电波形或音响，且数值≤8 dB
		投运后一周内	异常：8 dB<数值≤15 dB
		大修后 1 周内	缺陷：数值>15 dB
2	暂态地电压检测	1 年/次	正常：相对值≤20 dB
		投运后一周内	异常：相对值>20 dB
		大修后 1 周内	
注：相对值指被测设备数值与环境数值（金属）差。			

8.2 超声波检测法

8.2.1 技术要求

包括以下内容：

- a) 新设备投运、大修后 1 周内应进行 1 次检测；
- b) 数据发生变化时应在原检测周期内增加检测频次。
- c) 检测频率在 $20\text{ kHz} \sim 200\text{ kHz}$ 的信号，若有数值显示，可根据显示的 dB 值进行分析，若检测到异常信号可利用特高频检测法、频谱仪和高速示波器等仪器和手段进行综合判断。

8.2.2 检测原理

开关柜超声波检测原理是当介质缺陷位置发生局部放电时，其瞬间释放的能量使分子间产生剧烈碰撞，形成压力几十至几百千赫兹的超声波脉冲，声波信号将在液体、固体、气体介质中扩散传播，此时局部放电源如同一个声源，向外发出超声波，由于波长较短，因此其方向性较强、能量较为集中，可从介质外部检测到有效的信号进行分析和诊断，对于开关柜现场检测位置如图6所示。

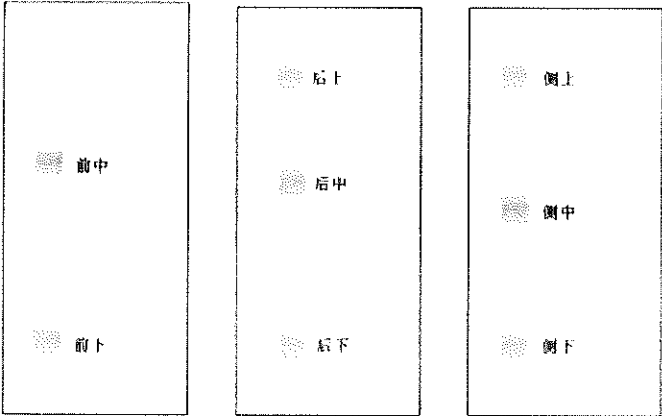


图6 开关柜超声波现场检测位置图

8.2.3 检测步骤

包括以下内容：

- 记录背景噪声信号，通常背景噪声信号由频率均匀分布的白噪声构成；
- 对于开关柜超声波检测，应采用非接触式的超声波传感器；
- 现场检测过程中，应将超声波传感器沿着开关柜上的缝隙和操作机构孔位置进行恒距、匀速扫描检测，停留时间不少于 30 s；
- 按照上图检测位置依次开展位置检测，并记录检测值。

8.2.4 检测数据分析与判定

现场检测时应统筹考虑测试数据的突变、相邻测试点的数据是否存在有规律的衰减、信号传输的时延、信号的重复。若检测图谱具备 50 Hz/100 Hz 相关性，或检测幅值明显高于背景值，说明可能存在局部放电，继续进行以下分析和处理：

- 利用声声定位/声电定位，根据不同位置传感器检测信号的强度变化规律和时延规律来确定缺陷部位；
- 进行缺陷类型识别，可根据超声波检测信号的 50 Hz/100 Hz 相关性、信号幅值水平以及信号的相位关系，进行缺陷类型识别。高压开关柜超声波检测典型图谱参见附录 E。

8.3 暂态地电压检测法

8.3.1 技术要求

包括以下内容：

- 新设备投运后 1 周内应进行 1 次检测；
- 检测频率范围：3 MHz~100 MHz；
- 数据发生变化时应在原检测周期内增加检测频次。

8.3.2 检测原理

开关柜局部放电会产生电磁波，电磁波在金属壁形成趋肤效应，并沿着金属表面进行传播，同时在金属表面产生暂态地电压，暂态地电压信号的大小与局部放电的严重程度及放电点的位置相关。利用专用的传感器对暂态地电压信号进行检测，从而判断开关柜内部的局部放电故障，也可根据暂态地电压信号到达不同传感器的时间差或幅值对比进行局部放电源定位，原理如图7所示。

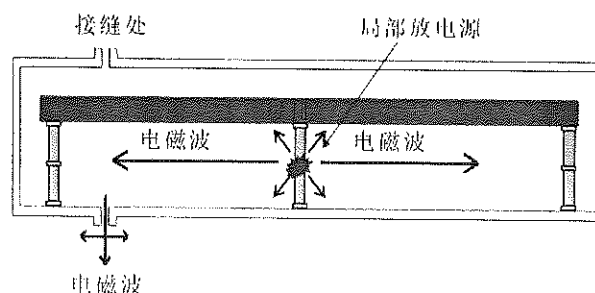


图7 开关柜暂态地电压局部放电检测原理图

8.3.3 检测步骤

包括以下内容：

- a) 有条件情况下，关闭开关室内照明及通风设备，以避免对检测工作造成干扰；
- b) 检查仪器完整性，按照仪器说明书连接检测仪器各部件，将检测仪器开机；
- c) 开机后，运行检测软件，检查界面显示、模式切换是否正常稳定；
- d) 进行仪器自检，确认暂态地电压传感器和检测通道工作正常；
- e) 若具备该功能，设置变电站名称、开关柜名称、检测位置并做好标注；
- f) 测试环境（空气和金属）中的背景值。一般情况下，测试金属背景值时可选择开关室内远离开关柜的金属门窗；测试空气背景时，可在开关室内远离开关柜的位置，放置一块 20 cm×20 cm 的金属板，将传感器贴紧金属板进行测试；
- g) 每面开关柜的前面和后面均应设置测试点，具备条件时（如一排开关柜的第一面和最后一面），在侧面设置测试点；
- h) 确认洁净后，施加适当压力将暂态地电压传感器紧贴于金属壳体外表面，检测时传感器应与开关柜壳体保持相对静止，人体不能接触暂态地电压传感器，应尽可能保持每次检测点的位置一致，以便于进行比较分析；
- i) 在显示界面观察检测到的信号，待读数稳定后，若发现信号无异常，幅值较低，则记录数据，继续下一点检测；
- j) 如存在异常信号，则应在该开关柜进行多次、多点检测，查找信号最大点的位置，记录异常信号和检测位置。

8.3.4 检测数据分析与判定

暂态地电压结果分析方法见附录A。检测数据分析与判定如下：

- a) 若开关柜检测结果与环境背景值的差值大于 20 dBmV，须查明原因，并使用仪器自带抗干扰功能进行重新测试；
- b) 若开关柜检测结果与历史数据的差值大于 20 dBmV，须结合停电检修计划，对被测设备全面检查并重新测试；
- c) 若本开关柜检测结果与邻近开关柜检测结果的差值大于 20 dBmV，须结合停电检修计划，对被测设备全面检查并重新测试；
- d) 必要时，进行局放定位、超声波检测等诊断性检测；
- e) 高压开关柜暂态地电压局部放电检测典型图谱参见附录 E。

附 录 A
(资料性)
高频局部放电判定方法

高频局部放电检测典型图谱见表A.1。

表A.1 高频局部放电判定方法

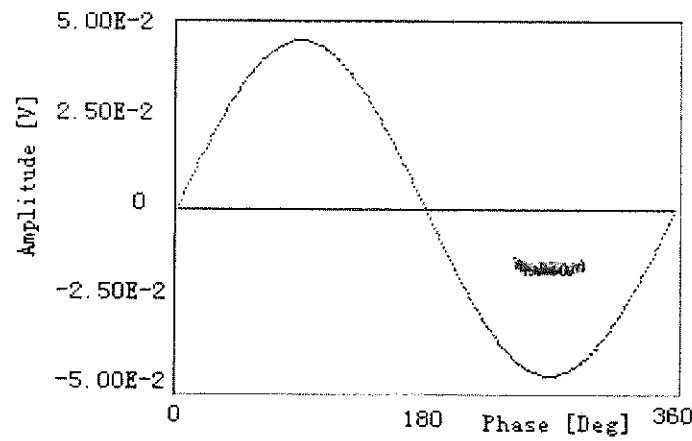
类别	高频局部放电测试结果	图谱特征	放电幅值
缺陷 ^a	具有典型局部放电的检测图谱且放电幅值较大	放电相位图谱具有明显 180 度特征，且幅值正负分明	>500 mV，并参考放电频率
异常 ^b	具有局部放电特征且放电幅值较小	放电相位图谱 180 度分布特征不明显，幅值正负模糊	100 mV~500 mV，并参考放电频率
正常 ^c	无典型放电图谱	没有放电特征	没有放电波形
^a 缺陷应密切监视，观察其发展情况，若有明显的放电声音且有典型放电图谱，应及时停电检修。 ^b 异常情况缩短检测周期。 ^c 按正常周期进行。			

附录 B
(资料性)
高频局部放电检测典型图谱

B.1 电晕放电

B.1.1 相位图谱

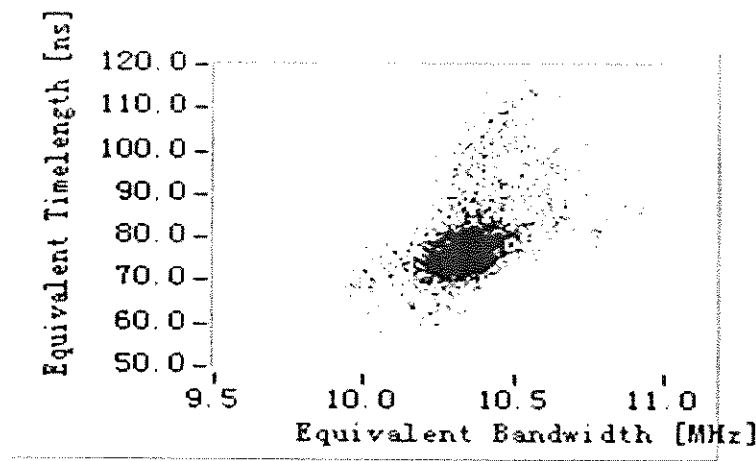
图谱特征见图B.1。



图B.1 相位图谱特征

B.1.2 分类图谱

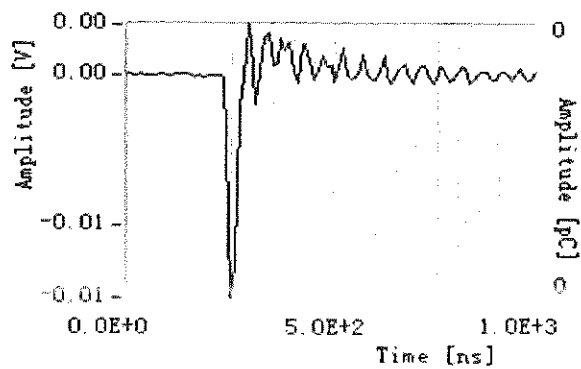
图谱特征见图B.2。



图B.2 分类图谱特征

B.1.3 单个脉冲时域波形

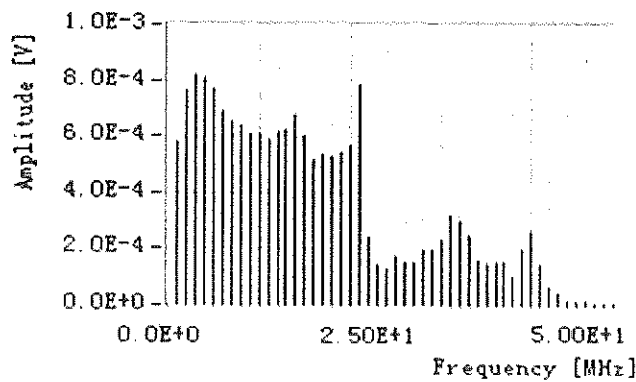
图谱特征见图B.3。



图B.3 单个脉冲时域波形图谱特征

B.1.4 单个脉冲频域波形

图谱特征见图B.4。

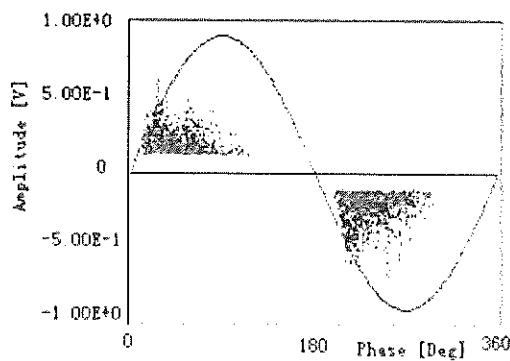


图B.4 单个脉冲频域波形图谱特征

B.2 内部放电

B.2.1 相位图谱

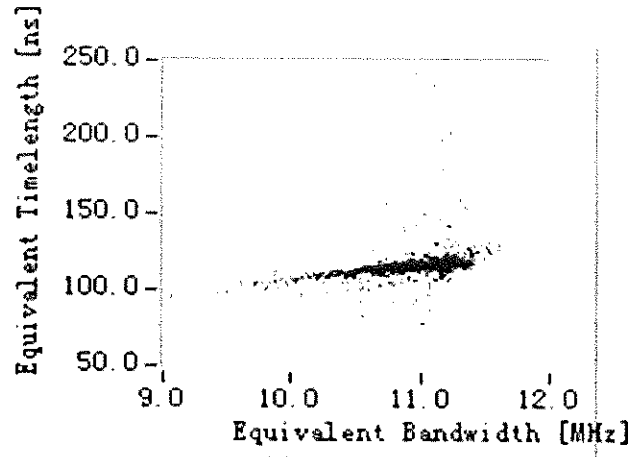
图谱特征见图B.5。



图B.5 相位图谱特征

B.2.2 分类图谱

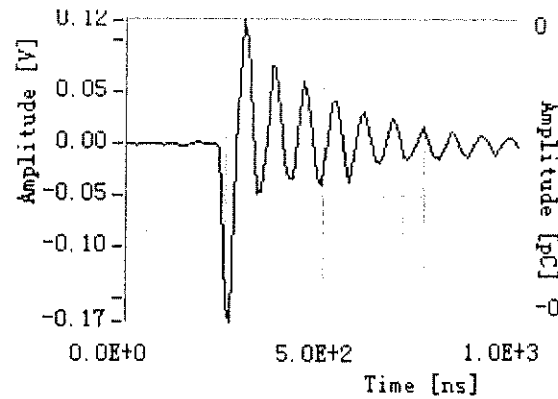
图谱特征见图B.6。



图B.6 分类图谱特征

B.2.3 单个脉冲时域波形

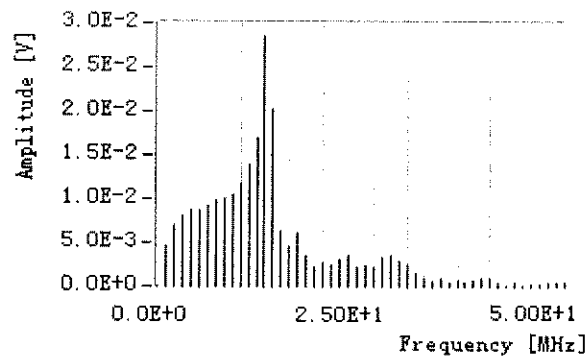
图谱特征见图B.7。



图B.7 单个脉冲时域波形图谱特征

B.2.4 单个脉冲频域波形

图谱特征见图B.8。

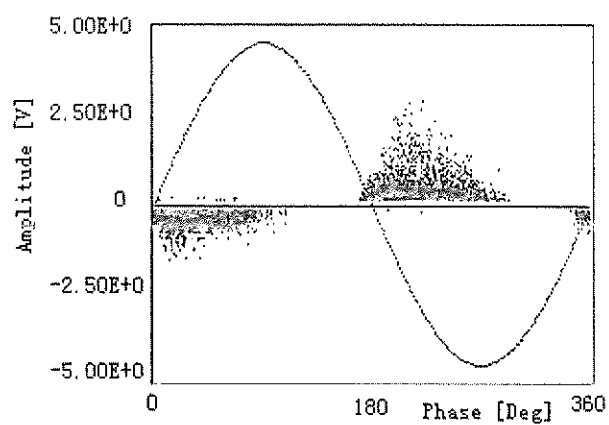


图B.8 单个脉冲频域波形图谱特征

B.3 沿面放电

B.3.1 相位图谱

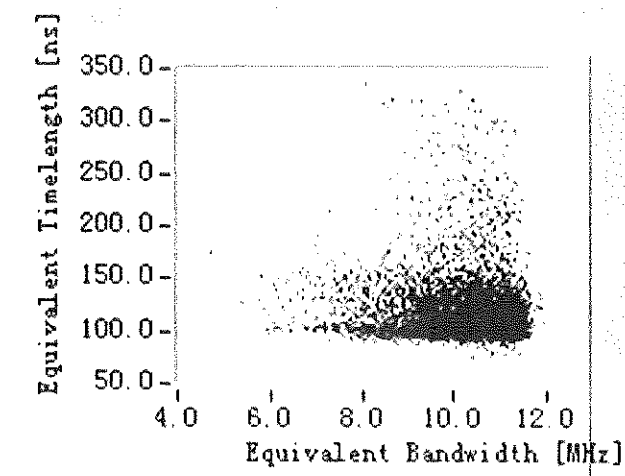
图谱特征见图B.9。



图B.9 相位图谱特征

B.3.2 分类图谱

图谱特征见图B.10。



图B.10 分类图谱特征

附 录 C

(资料性)

GIS 特高频、超声波局部放电检测典型图谱

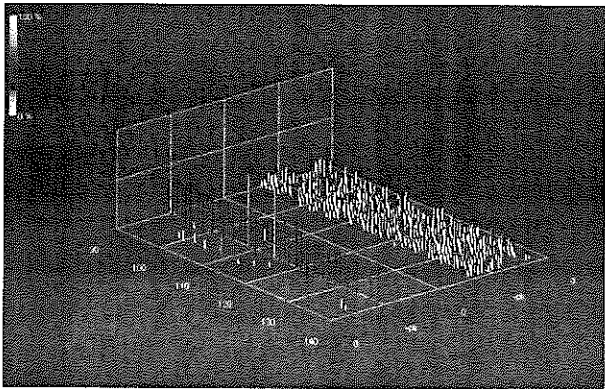
C.1 GIS 特高频局部放电典型图谱类型

- C.1.1 单周期检测数据：检测一个50 Hz周期局部放电的峰值与相位角。
- C.1.2 峰值检测数据：检测50 Hz周期的相位角与局部放电信号的峰值和放电速率的关系。
- C.1.3 PRPD检测数据：获取局部放电信号峰值时，数据显示不同大小峰值的局部放电信号个数与50 Hz周期相位角的关系。

C.2 GIS 特高频局部放电典型图谱

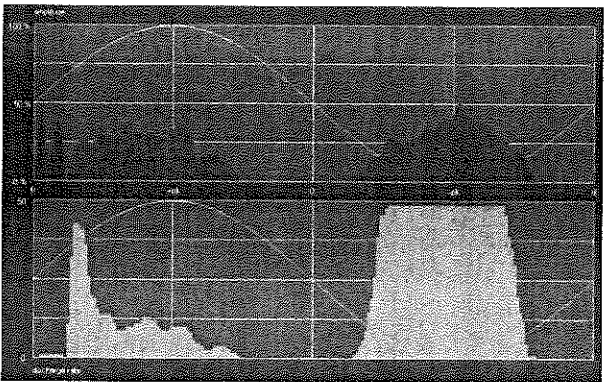
C.2.1 电晕放电

C.2.1.1 单周期检测图谱见图 C.1。



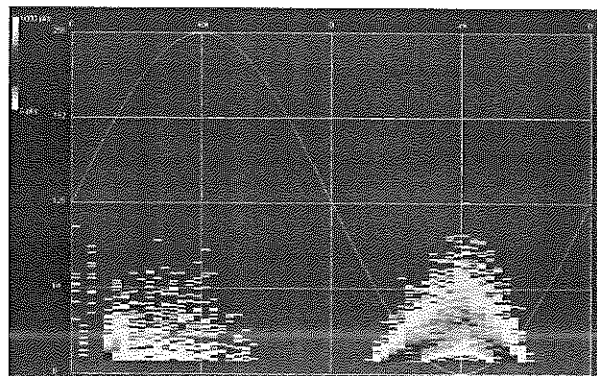
图C.1 单周期检测图谱

C.2.1.2 峰值检测图谱见图 C.2。



图C.2 峰值检测图谱

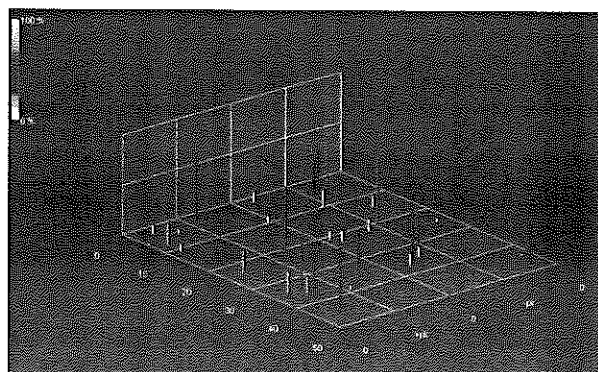
C.2.1.3 PRPD 检测图谱见图 C.3。



图C.3 PRPD 检测图谱

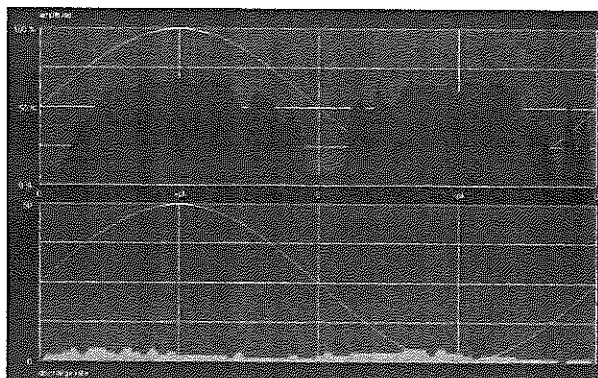
C.2.2 金属颗粒放电

C.2.2.1 单周期检测图谱见图 C.4。



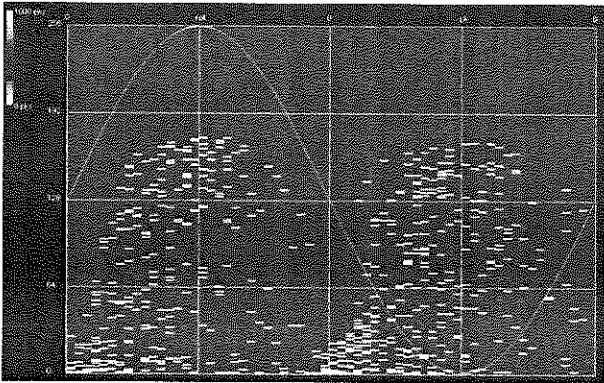
图C.4 单周期检测图谱

C.2.2.2 峰值检测图谱见图 C.5。



图C.5 峰值检测图谱

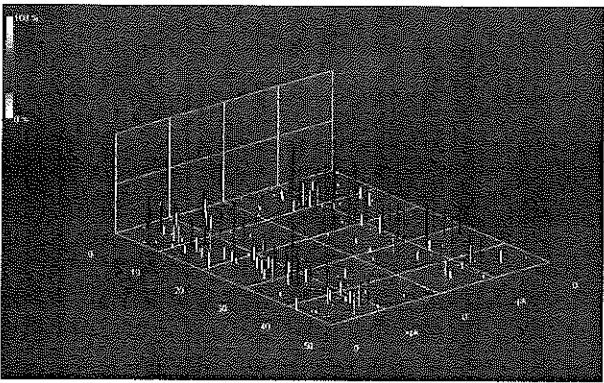
C. 2. 2. 3 PRPD 检测图谱见图 C. 6。



图C. 6 PRPD 检测图谱

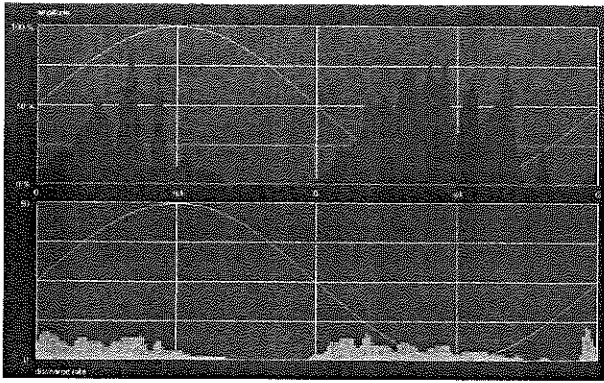
C. 2. 3 空隙放电

C. 2. 3. 1 单周期检测图谱见图 C. 7。



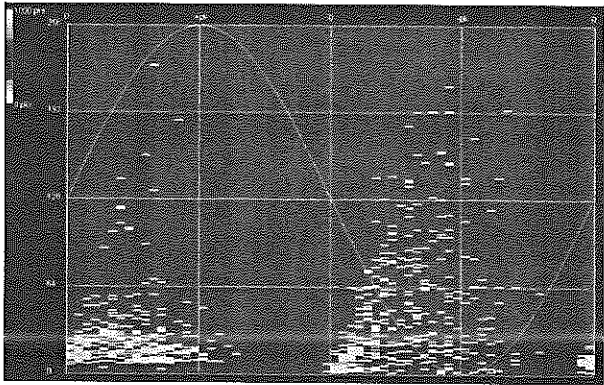
图C. 7 单周期检测图谱

C. 2. 3. 2 峰值检测图谱见图 C. 8。



图C. 8 峰值检测图谱

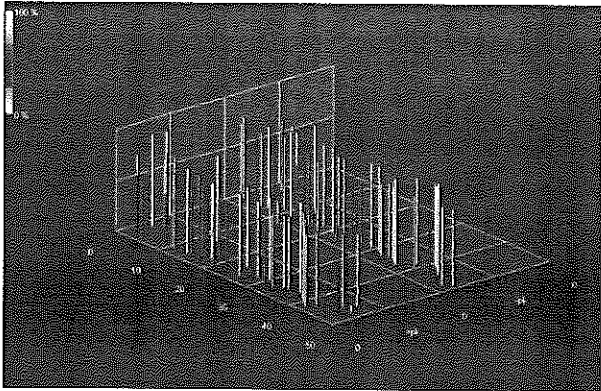
C. 2. 3. 3 PRPD 检测图谱见图 C. 9。



图C. 9 PRPD 检测图谱

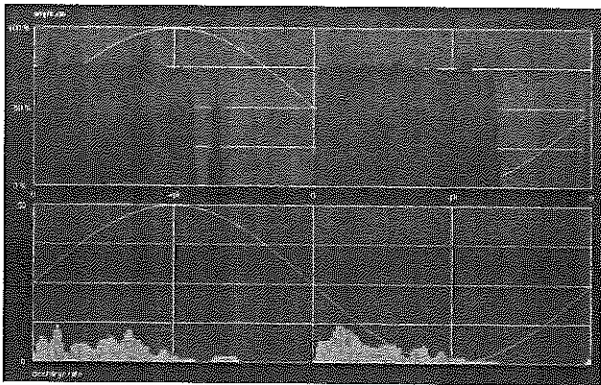
C. 2. 4 移动电极局部放电

C. 2. 4. 1 单周期检测图谱见图 C. 10。



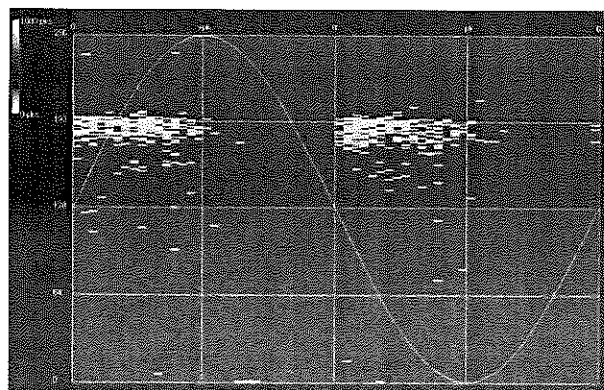
图C. 10 单周期检测图谱

C. 2. 4. 2 峰值检测图谱见图 C. 11。



图C. 11 峰值检测图谱

C.2.4.3 PRPD 检测图谱见图 C.12。

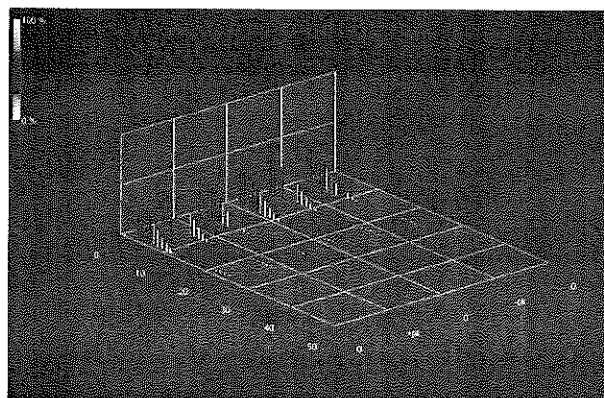


图C.12 PRPD 检测图谱

C.3 GIS 特高频典型干扰图谱

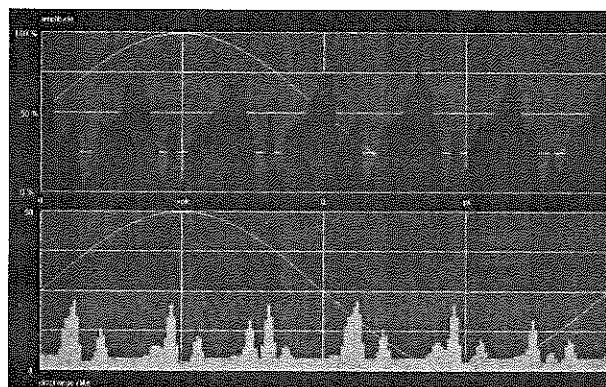
C.3.1 雷达噪音

C.3.1.1 单周期检测图谱见图 C.13。



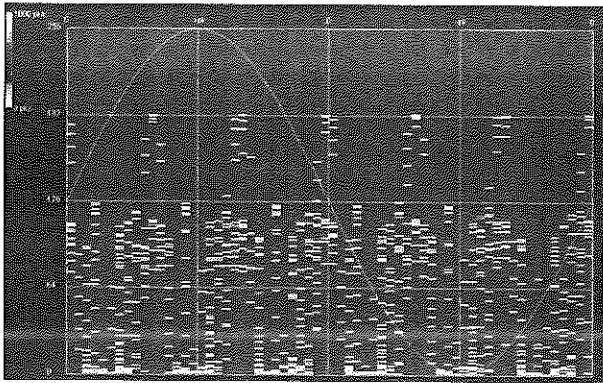
图C.13 单周期检测图谱

C.3.1.2 峰值检测图谱见图 C.14。



图C.14 峰值检测图谱

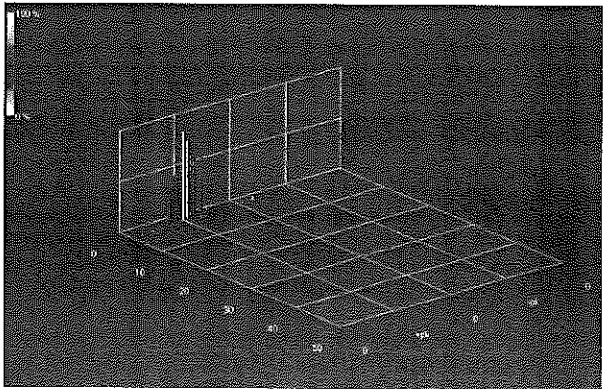
C.3.1.3 PRPD 检测图谱见图 C.15。



图C.15 PRPD 检测图谱

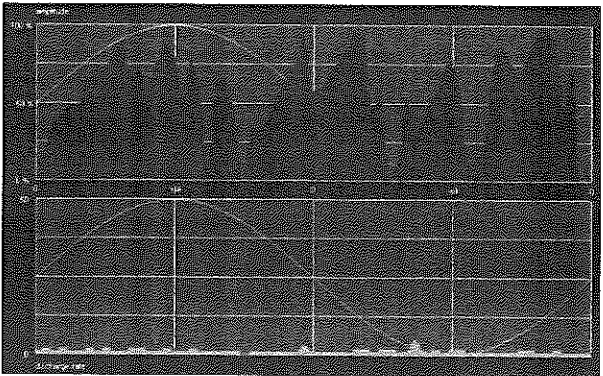
C.3.2 马达噪音

C.3.2.1 单周期检测图谱见图 C.16。



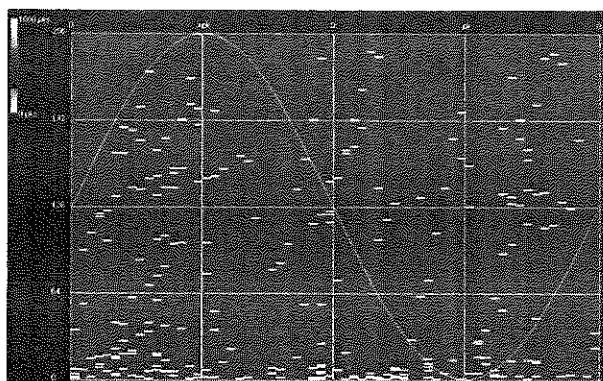
图C.16 单周期检测图谱

C.3.2.2 峰值检测图谱见图 C.17。



图C.17 峰值检测图谱

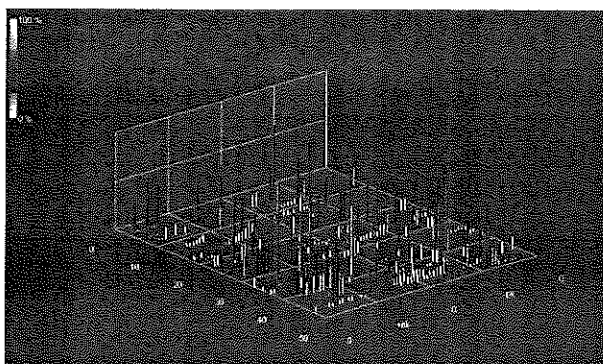
C.3.2.3 PRPD 检测图谱见图 C.18。



图C.18 PRPD 检测图谱

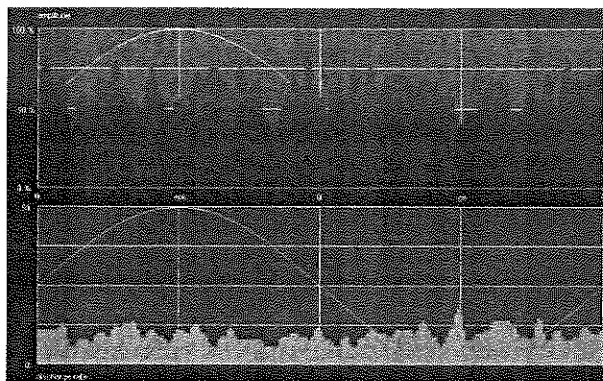
C.3.3 闪光噪音

C.3.3.1 单周期检测图谱见图 C.19。



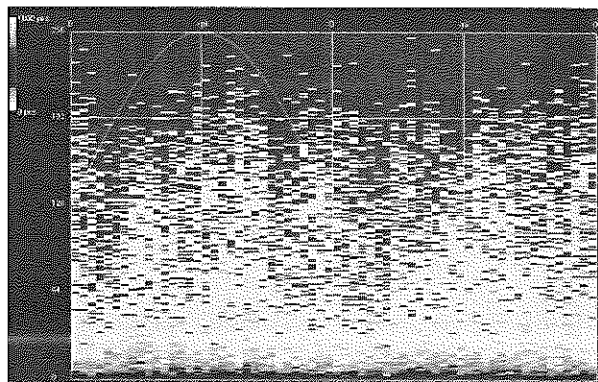
图C.19 单周期检测图谱

C.3.3.2 峰值检测图谱见图 C.20。



图C.20 峰值检测图谱

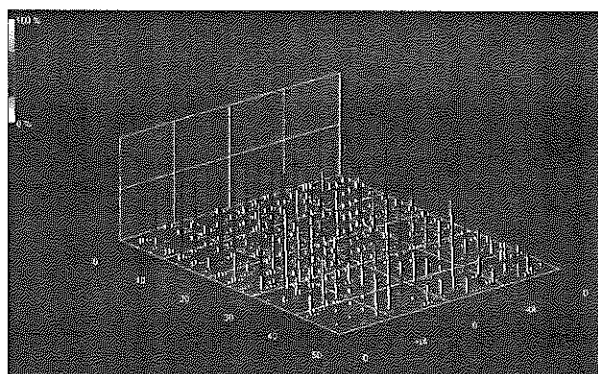
C.3.3.3 PRPD 检测图谱见图 C.21。



图C.21 PRPD 检测图谱

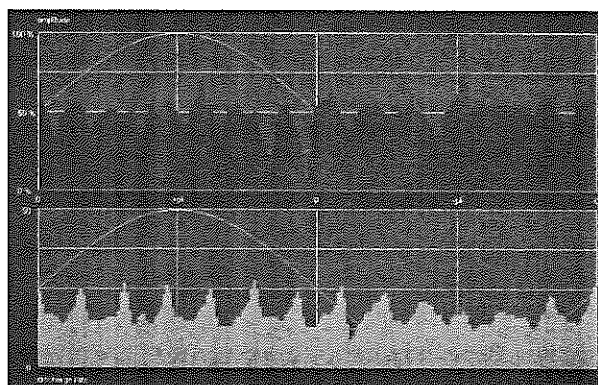
C.3.4 移动电话噪音

C.3.4.1 单周期检测图谱见图 C.22。



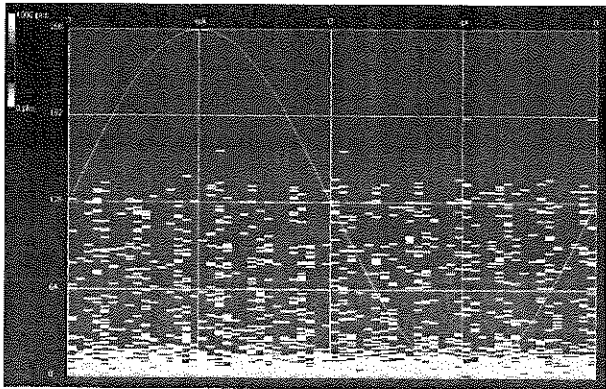
图C.22 单周期检测图谱

C.3.4.2 峰值检测图谱见图 C.23。



图C.23 峰值检测图谱

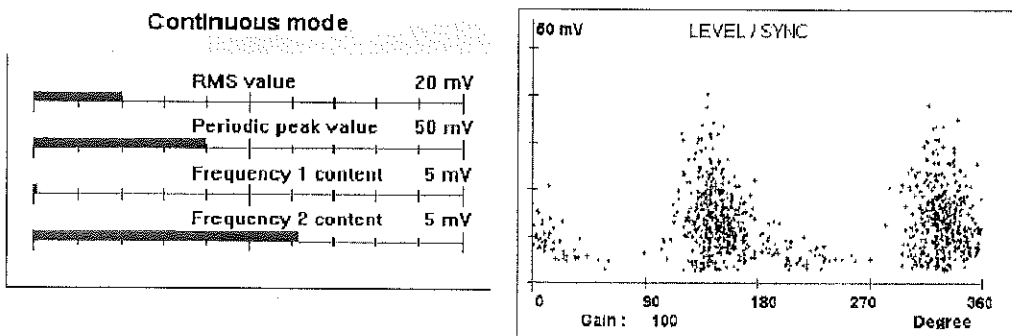
C.3.4.3 PRPD 检测图谱见图 C.24。



图C.24 PRPD 检测图谱

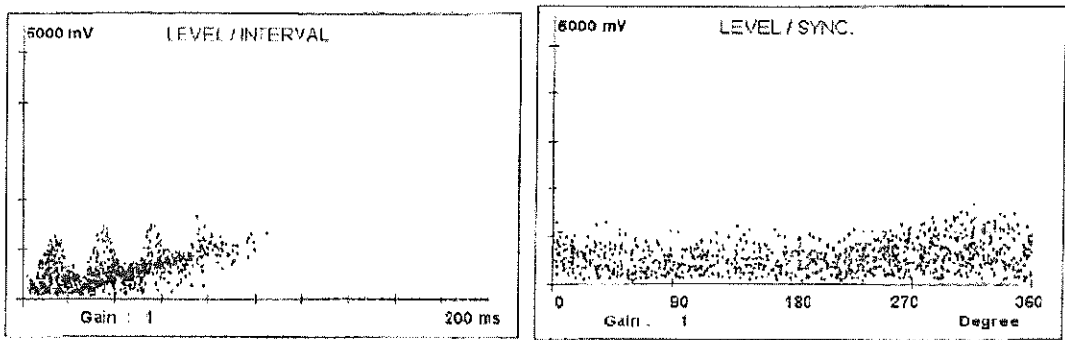
C.4 GIS 超声波典型放电图谱

C.4.1.1 实验室模拟悬浮放电典型图谱见图 C.25。



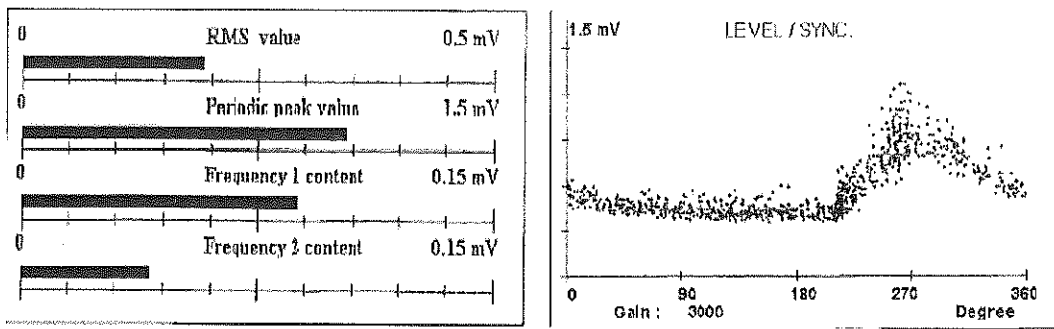
图C.25 电位悬浮放电的典型图谱

C.4.1.2 实验室模拟自由颗粒放电图谱见图 C.26。



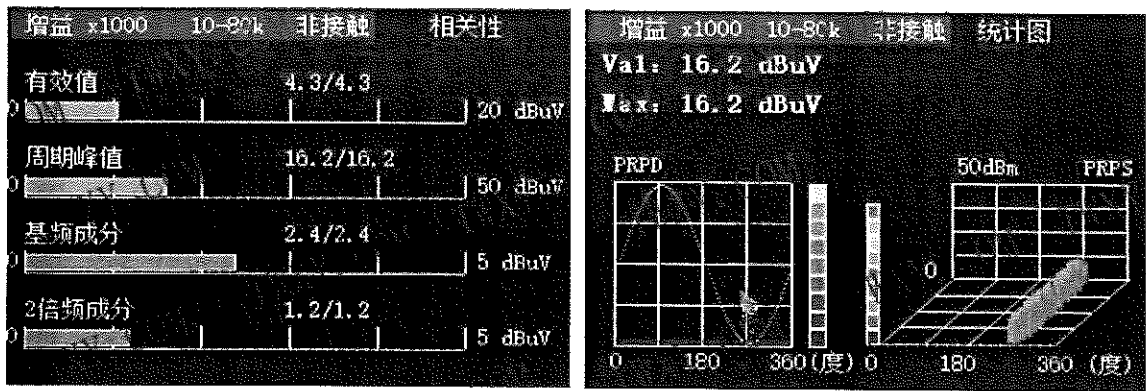
图C.26 自由颗粒放电的典型图谱

C.4.1.3 实验室模拟毛刺放电放电图谱见图 C. 27。



图C. 27 毛刺放电的典型图

C.4.1.4 实际现场尖端电晕放电典型检测放电图谱见图 C. 28



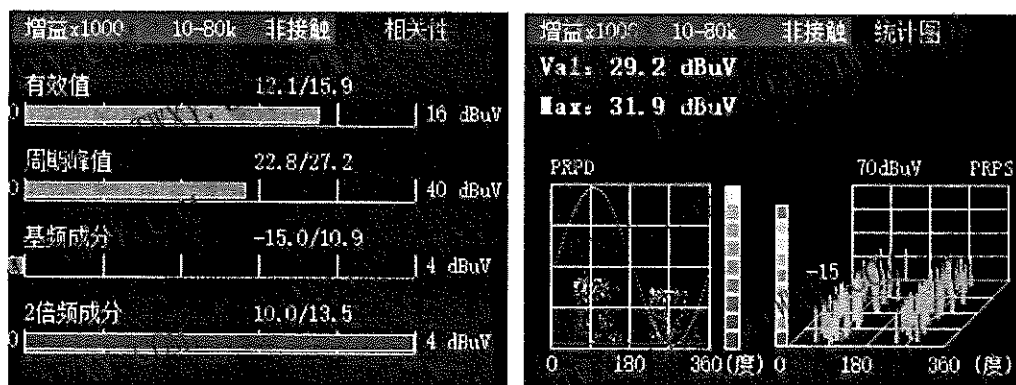
a) 连续模式

b) 相位模式

- 注1：连续模式：有效值及周期峰值较背景值明显偏大；50 Hz相关性、100 Hz相关性特征明显，且50 Hz相关性大于100Hz相关性。
- 注2：具有明显的相位聚集效应，一个工频周期内表现为一簇，即“单峰”。
- 注3：两种模式下异常判断标准：检测到的信号值高于背景值，根据工况酌情处理；在耐压过程中发现电晕放电现象，进行处理。

图C.28 尖端电晕放电典型图

C.4.1.5 实际现场悬浮放电典型检测放电图谱见图 C.29。



a) 连续模式

b) 相位模式

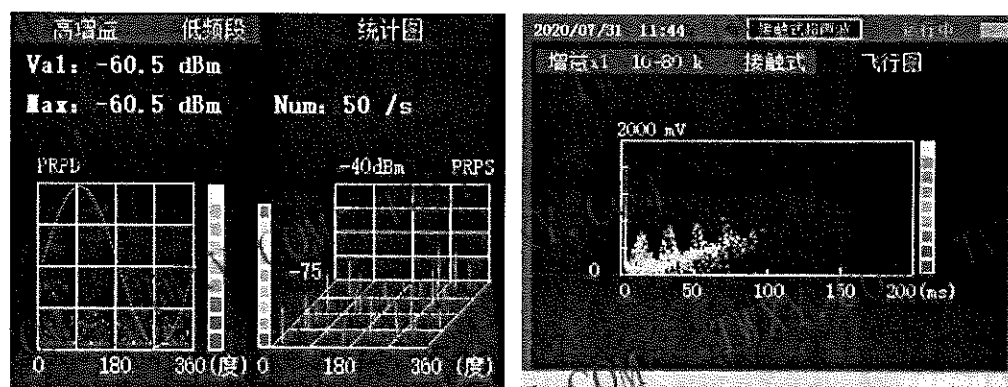
注1: 连续模式; 有效值及周期峰值较背景值明显偏大; 100 Hz相关性特征明显。

注2：相位模式：具有明显的相位聚集效应，一个工频周期内表现为两簇，即“双峰”。

注3: 两种模式下异常判断标准: 对于126 kV的GIS, 若100 Hz信号幅值远大于50 Hz信号幅值, 且检测峰值大于10 mV, 缩短检测周期并密切监测其增长量, 若检测峰值大于20 mV, 停电处理。

图C.29 悬浮放电典型图

C.4.1.6 实际现场自由颗粒典型缺陷图谱见图 C.30。



a) 连续模式

b) 飞行模式

注1: 连续模式: 有效值及周期峰值较背景值明显偏大; 值不稳定, 相位特征不是很明显, 即50 Hz、100 Hz频率成分较小。

注2：飞行模式：飞行图谱若得到类似“三角驼峰”状关系图，说明所记录的声信号是由单个运动颗粒引起的，其他信号源（电晕、外部干扰）不会产生这种模式。

图C.30 自由颗粒典型图

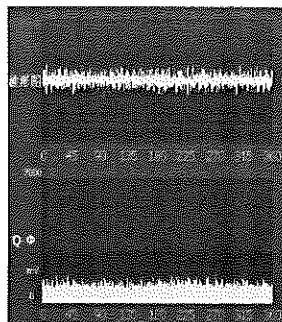
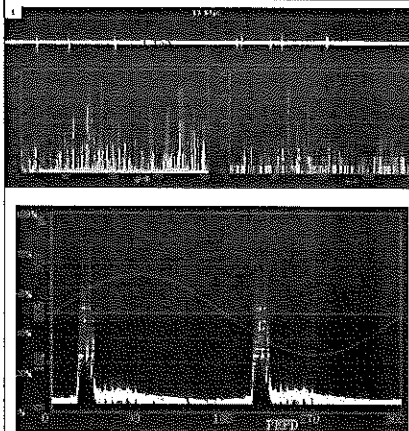
附录 D

(资料性)

高压电缆高频脉冲电流检测局部放电典型图谱

高压电缆高频脉冲电流检测放电检测典型图谱见表D.1。

表D.1 高压电缆高频脉冲电流检测局部放电典型图谱

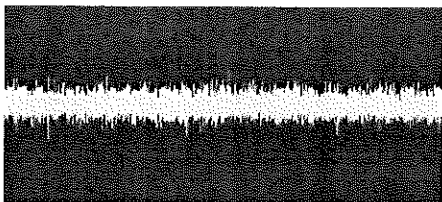
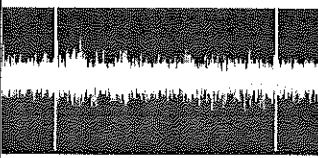
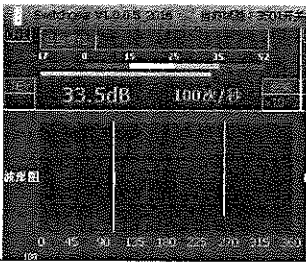
检测方法	项目	周期	标准			说明
高压电缆 高频脉冲 电流检测	电 缆 本 体 及 接 头 局 部 放 电 试 验	2 年/次	正常：无典型放电图谱			(1) 曾经发生事故的电缆 线路应密切关注，并适当 缩短监测周期 (2) 与标准图谱（附录 B 高频局部放电检测典型图 谱）比较，确定局部放电 及类型 (3) 异常及缺陷应根据处 理标准进行处理 (4) 当检测到异常时，须 对该电缆接头相邻的两组 接头进行检测并分别建文 件进行放电图谱和放电波 形的记录 (5) 当检测到异常情况 时，每个记录部位应记录 不少于 5 张放电图谱 3 张 波形图
			35 kV	Q<20 pC		
			110 kV	Q<10 pC		
			异常：具有局部放电特征但放电量较小			
			35 kV	20 pC<Q<100 pC	Q>100 pC	
			110 kV	10 pC<Q<40 pC	40 pC<Q<80 pC	
			35 kV	20 pC<Q<100 pC	Q>100 pC	
			处理标准	3 个月复测，观察局部放电变化趋 势密切监视（1 周~2 周复测）或者进 行在线监测		
			缺陷：具有典型局部放电的检测图谱且放电量较大			
			35 kV	放电量变化较快		
			110 kV	Q>80 pC		
			处理标准	停电，进行离线检测并检修		
典型图谱	电缆终端	现场测试正常图谱		现场测试异常图谱		(1) 正常图谱为平滑波形 (2) 异常图谱呈现明显间 歇性放电脉冲
						

附录 E
(资料性)

高压开关柜暂态地电压局部放电检测典型图谱

高压开关柜暂态地电压局部放电检测典型图谱见表E.1。

表E.1 高压开关柜暂态地电压局部放电检测典型图谱

检测方法	项目	周期	标准			说明
高压开关柜局部放电检测	开关柜本体	半年/次	正常：无典型放电图谱			(1) 曾经发生事故的开关柜间隔应密切关注，并适当缩短监测周期 (2) 与标准图谱（初次检测）比较，确定局部放电及类型 (3) 异常及缺陷应根据处理标准进行处理 (4) 当检测到异常时，须对该间隔及相邻开关柜进行检测并分别建文件进行放电图谱和放电波形的记录 (5) 当检测到异常情况时，每个记录部位应记录不少于 2 张放电图谱 3 张波形图
			放电量	图谱		
			Q<15 db			
			异常：具有间歇性局部放电波形			
			电压	放电量	图谱	
			10 kV~35 kV	15 db<Q<30 db		
			处理方法	3 个月复测，观察局部放电变化趋势		
			缺陷：具有典型局部放电的检测图谱且放电量较大有明显缺陷，一般能听到放电声音			
			电压	放电量	图谱	
			35 kV	Q>30 db		
			处理方法	停电，进行检修		

参 考 文 献

- [1] GB/T 7354 高电压试验技术 局部放电测量
 - [2] GB/T 7674 额定电压72.5 kV及以上气体绝缘金属封闭开关设备
 - [3] GB 50150 电气装置安装工程 电气设备交接试验标准
 - [4] DL/T 393—2021 输变电设备状态检修试验规程
 - [5] DL/T 417 电力设备局部放电现场测量导则
 - [6] DL/T 596 电力设备预防性试验规程
 - [7] DL/T 1534 油浸式电力变压器局部放电的特高频检测方法
-