**（三）技术参数**

一、技术参数

电气火灾早期征兆监测预警实验系统，用于AC型漏电故障电流测试以及交直流AFDD电弧故障电流测试、谐波波形测试以及与模拟电弧相关的波形、电弧痕迹制备等功能测试，满足电-热-气-光等所有环境综合测试的研究。设备可通过手动/自动模式，对不同的试验程序进行选择、控制，数据自动记录及上传。操作机构（另行配备）可根据样品的位置和脱扣动作情况自行对样品进行复位闭合。整个系统满足：

（1）试验设备是符合GB/T 31143-2014标准9.9条款的设备和漏电单机相关设备；

（2）配置高精度型漏电仪满足漏电标准GBT 16916.1、GBT 16917.1-2014，漏电测试系统实现全自动化；

（3）预留直流漏电功能，满足标准GBZ40680直流漏电功能；

（4）系统满足标准

* GB/T 31143-2014电弧故障保护电器（AFDD）的一般要求；
* GB14287-2014标准的消防电弧试验功能；
* 漏电标准GBT 16916.1、GBT 16917.1-2014；
* 预留IEC62606-2017标准的三相AFDD试验功能；
* 预留GBT 22794-2017 家用和类似用途的不带和带过电流保护的F型和B型剩余电流动作断路器测试看功能；
* 预留GB/Z 40680-2021直流系统用剩余电流动作保护电器的一般要求测试要求。

（5）其他研究需求具体包括：

1. 建设不同环境条件下多种故障间的相互转化实验模拟装置，实时监测电气线路的超温、发光连接、过载、短路、故障电弧等常见电气火灾早期征兆；
2. 建设故障电弧早期征兆监测预警装置，模拟电气线路串联、并联电弧故障，实时监测电气线路早期征兆，实现“电-热-气-光”等电气火灾早期征兆特性参数的监测预警；
3. 建设电气火灾故障电弧特性参数监测预警实验装置，监测不同条件下（不同负载电流、环境参数等）的故障电弧特性（放电能量、放电电流、电弧等效电阻等），采集电压、电流、时域、频域、波形等特征参数数据，探究故障电弧引燃不同燃烧性能电工材料引燃临界条件；
4. 研究电气火灾早期征兆发展演化规律及致灾机理，为电气火灾早期征兆智能监测预警提供数据支撑。

系统主要构成：



二、配置要求

1.电气故障模拟重现装置

可重现电气线路故障超温、发光连接、短路以及故障电弧等致灾实验测试场景，研制发光连接、故障电弧以及各故障相互转化的模拟装置。

（1）电气线路火灾早期征兆监测预警模拟实验

电气线路故障模拟实验可模拟直流/交流单相短路故障、两相短路故障、过电流故障、过电流故障诱发的次生相间短路故障、照明灯/插头/插座等的过电流故障、线间及接插件处局部过热故障和模拟照明灯/插头/插座等虚接发热故障。

当进行短路故障模拟实验时，将被测线路放置于燃烧室内，线路一端连接到交/直流程控电源，通过人为短接或通过交直流负载拉载模拟短路时产生短路电流的方式模拟短路故障，综合监测与控制系统控制交/直流电源输出，为被测线路提供电能；控制交/直流负载对被测线路进行拉载，以模拟短路故障中瞬时大电流。电压电流监测模块监测实验过程中被测线路输入端和输出端电参数变化，示波器模块采集电气火灾发生瞬间被测线路的电压变化曲线，温度传感器采集电气火灾发生瞬间被测线路温度变化，研究电气线路火灾早期征兆演化规律及致灾机理。

（2）电气设备火灾早期征兆监测预警模拟实验

当进行过电流故障模拟试验时，将被测件置于燃烧室内，通过交/直流电源为被测件提供电能，交/直流负载对被测件进行拉载，以产生过电流故障。电压电流监测模块监测实验过程中被测件电参数变化，示波器模块采集电气火灾发生瞬间的电压变化曲线，温度传感器采集电气火灾发生瞬间被测件温度变化，研究电气设备火灾早期征兆演化规律及致灾机理。

（3）故障电弧早期征兆监测预警模拟实验

故障电弧模拟发生控制装置，将电弧发生器的两极分别固定在传动系统的移动、固定两电极上，电机驱动器控制步进电机正转或反转，驱动传动丝杠带动移动电极左、右移动，当电极通电后产生电弧拉弧现象；移动电极可左、右移动，也可上下移动；两电极同为开口式绝缘电木设计，便于固定导线并起到绝缘和一定的安全保护作用。拉弧位置前方放置高速红外热像仪和烟气分析仪探头，用高速红外热像仪于记录整个拉弧过程以及被测线缆拉弧端整个过程的温度变化；烟气分析仪探头用于采集实验过程中产生的气体并分析其所包含成分。两电极末端连接有示波器电压差分探头和电流探头，用于记录整个实验过程电压、电流等故障电弧早期征兆的波形变化，便于后期提取波形特征参数。

（4）发光连接早期征兆监测预警模拟实验

发光连接早期征兆监测预警模拟，将经过特殊处理后的连接器(连接器金属触点位置经过酸蚀、烟熏、过度氧化或表面喷涂等处理)固定在电极两端，连接器前方放置高速红外热像仪，用高速红外热像仪记录整个实验过程过热发光以及整个温升过程。两电极末端连接有示波器电压差分探头和电流探头，用于记录整个实验过程电压、电流等发光连接早期征兆特征参数的波形变化，便于后期提取波形特征参数。

2.系统精度

（1）电流电压精度：≤士1.5%/0.2%F.S.

（2）时间精度：10ms~200ms，小于1ms；200ms~1000ms，小于2ms，>1s，小于5ms

3.交流故障特性试验装置

实验能力：串联电弧试验（3～125A，230V/50Hz）、并联电弧试验（75～500A，230V/50Hz），63A及以下电流为长期工作制，75～500A电流为短时工作制，通电时间不少于2s；

电源精度：电压精度为±1.5%，电流精度为±1.5%；

采样频率：不小于1Gsps采样率；因标准中规定在环境温度下的试验需在极限电压下进行，因此用一台试验变压器作为串联电弧故障和并联电弧故障试验的试验电源，由于并联电弧故障试验的试验电流大于串联电弧故障试验的电流，因此，变压器容量按并联电弧故障试验要求设计。试验最大容量为115kVA，因此，选用一台冲击容量为120kVA的单相变压器作为试验电源，其主要参数如下：

1. 原边额定电压：单相400V，有±5%、±10%、±15%、±20%调节档位；
2. 副边额定电压：单相230V；
3. 副边输出电流：短时最大500A（按通电1s计算）；长期最大125A；
4. 冲击容量：120kVA；
5. 额定容量：30kVA；
6. 工作制：通电3s，停电30s。
7. 进线断路器200A及以上

其他功能：

1. 预留GB14287-2014 标准的试验功能升级接口
2. 预留故障电弧的负载含有电感成分，功率因数范围：0.3、0.7、1
3. 误报警试验的负载预留扩展接口，满足各类型号负载测试
4. 预留IEC62606-2017 标准的三相电弧试验功能接口

4.漏电系统

（1）交流漏电

试验电源：采用现有电网系统电源，需要通过来回切换满足跟AFDD 系统共用，若容量不够须后期更新。

工作电源：AC 220V±10%；

电流输出范围：AC 型 2-2000mA (慢加、突加功能)；

预留A 型、B 型、直流漏电功能接口。

（2）预留其他漏电功能设置

AC/DC 缓加漏电最小通电时间>10s，且突加电流通电时间可在30ms 至150ms 的区间内自行设置爬升目标电流可以自定义设置爬升电流范围：

AC:0~1000mA；A 型:0°:0-3500mA、90 °:0-2500mA、135°:0-1100mA。

DC: 0-1000mA 连续可调，速率0.1mA/s~100mA/s，可根据选择电流自动调节爬升速率(默认30s 升至目标电流)，上升速率可调节，满足30s 内爬升至额定剩余电流。

标准规定的A型/AC型/B型/DC剩余电流波形;触发角度0°-90°-135°，正极性/负极性触发，偏差。

5.直流电弧故障特性试验装置

该试验装置主要由以下部分组成：光伏电源（预留）、电源去耦合网络、线路阻抗网络、电弧发生器、试品（逆变器带DUT）、负载（逆变器，配合独立AFPE使用）、测控系统以及试验柜体等。其中电源采用PV模拟电源，需包含特殊阻抗满足光伏系统IV特性，因此本特性试验系统采用PV模拟电源作为试验电源。同时，因标准要求试验系统满足最高系统电压1500V，因此本试验系统选择电源主要参数如下：

预留光伏模拟电源位置，数量：不低于3台；

单台最高电压：直流500V；串联最高1500V。

单台最大电流：直流30A；

单台最大功率：15kW；

进线断路器200A及以上

6.电缆切割装置

并联电弧电缆切割装置采用标准中的机构原理，为使试验操作更安全，刀片的移动采用电动方式，通过检测回路中是否有电流来控制电机的运行或停止。

电机带动丝杆对刀片的杠杆臂施加一个垂直作用力，在刀片远离试验电缆时电机快速运转使刀片快速接近电缆，在刀片即将接触电缆时电机慢速运转使刀片缓慢切割试验电缆，当测量系统检测到电缆中有电流时，电机停止转动，试验结束后电机快速反转，刀片快速脱离试验电缆。刀切运动过程时保证一个电缆先切刀一根电缆碰到。

7.电缆碳化装置

电缆试品碳化装置主要由高压变压器以及相关控制电路组成，并可通过一个转换电路连接至一个100W/230V的白炽灯装置和电流检测电路来检测碳化路径的形成。碳化用变压器的参数如下：

（1）原边电压230V，副边二档抽头：开路电压大于7kV，短路电流30mA；开路电压大于2kV，短路电流300mA，按标准要求顺序进行碳化。

（2）通过判断灯泡开始发亮的方式和波形采集判断的方式来检测碳化路径的形成。

（3）为保证碳化后的电缆试品不因移（搬）动、触碰而破坏碳化效果，将碳化装置和串联电弧试验、并联电弧试验装置组合在一个工位里，通过接触器切换碳化和试验的控制操作，而且这样的设计也可使碳化和试验可程序化进行。

8.电弧发生器

串联电弧发生器的结构按标准规定制作，移动电极用私服电机作驱动单元，可通过手动或自动方式来调节电极的位置以产生电弧。电极的移动距离通过位置传感器定位，并通过测量电路中的电流来判断电极的接通或断开，同时通过内部电弧电流算法进行电弧定位。可以全自动判断电弧产生，通过算法来判断电弧产生后自动停止，为试验做好准备。

9.单相变压器

单相变压器作为试验电源，其主要参数如下：

原边额定电压：单相400V，有±5%、±10%、±15%、±20%调节档位；

副边额定电压：单相230V；

副边输出电流：短时最大500A（按通电1s计算）；长期最大125A；

冲击容量：120kVA；

额定容量：30kVA；

工作制：通电3s，停电30s。

进线断路器200A及以上

10.并联负载

75-500A，通电200ms停止3分钟，纯电阻，调节细度4%。

11.串联负载

3-125A，长通，纯电阻，调节系统4%。

12.屏蔽负载

在串联电弧试验装置内进行屏蔽试验，可进行抑制性负载屏蔽试验、EMI滤波器屏蔽测试和带线路阻抗的屏蔽试验。屏蔽试验的负载按标准中的要求配置，选购市场上常见的正规品牌且满足标准要求的7大类负载，并通过相关认证和EMC测试。每路负载独立可用，不同负载若需要切换，通过继电器（接触器）切换及更换。并预留插座、接线端子各一个，便于负载扩展。

长导线按要求应在试验场地进行排布，因此将根据用户的试验场地条件进行布置，排布后可通过端子或插头接入负载柜中。

（1）起动和运行一个带通用电动机的真空吸尘器，其满载额定电压230V下额定电流为5～7A。

（2）1个电子式开关电源（或多个电源）在额定电压230V下总负载电流至少为3A，最小总谐波畸变（THD）为100%，单独3次谐波最小畸变率为75％， 5次谐波最小畸变率为50％，7次谐波最小畸变为25％。电源（或多个电源）应接通。

（3）对于额定电压为230V的AFDD，使用最大起动电流峰值为额定电压230V下65A±10%的电容器起动电动机（空压机型）带载（压缩机在气缸无气压条件下操作）起动和运行。电容器功率为2.2kW。

（4）对于额定电压230V的AFDD，用一个包含滤波线圈的600瓦电子灯光调节器（可控硅型）控制600瓦钨丝灯负载。灯光调节器分别调整到充分接通及能使灯亮的最小接通状态，并分别在导通角为60°、90°、120°时点亮灯。

注：若没有钨丝灯负载，可由相同功率的阻性负载代替。

（5）2个40W荧光灯外加一个5A的阻性负载。

（6）由电子变压器供电的12V的卤素灯，总功率300W，外加5A的阻性负载。

（7）手持电动工具，如600W以上的电钻。

13.耦合网络负载

（1）电源去耦网络

电源去耦网络将电源从被试品去耦合，以避免对测试造成潜在的影响。根据不同的测试拓扑结构设计不同参数的电源去耦合网络，拓扑结构包括单串故障电弧试验、并联串电弧故障试验、单串模块故障电弧试验、并联串模块电弧故障试验、模块级DC-DC输入端电弧故障试验、模块级DC-DC输出端电弧故障试验、带汇流箱系统电弧故障试验。

（2）线路阻抗网络

试品连接至电源和电弧发生器需要通过一个特定的阻抗网络，该阻抗网络能较好地反映在光伏系统中实际的回路分布情况，根据不同的测试拓扑结构设计不同参数的电源去耦合网络，拓扑结构包括单串故障电弧试验、并联串电弧故障试验、单串模块故障电弧试验、并联串模块电弧故障试验、模块级DC-DC输入端电弧故障试验、模块级DC-DC输出端电弧故障试验、带汇流箱系统电弧故障试验。

14.直流测试负载

单台最大电流：直流1-30A；3套，纯电阻，条件细度4%。

预留逆变器负载接口。

15.测控系统

PXI机箱：PXIe-1083，5插槽，2GB/s

控制器PXIe 8842，2.6 GHz六核处理器PXI控制器;

安装Windows 操作系统，内阻不低于8G，固态硬盘；

PXIe-5164 (PXI示波器)，1Gsps采样率，4通道，不劣于400MHz，14位；

PXIe-6509，96通道，5 V TTL/CMOS，24 mA PXI数字I/O模块;

配置27寸显示屏、键鼠套件。

16.谐波电源

单相：L:0~81A/H:0~40.5A

三相：L:0~27A/H:0~13.5A

负载调整率（0~100%，阻性负载）：0.2% FS

线性调整率（±10%Uac）：0.1% FS

电压范围: AC/AC+DC:0~400V，DC:0~564V

输出频率：0.1~ 5000Hz

谐波电压精度：0.5%+0.2%FS，add 0.2%FS/kHz

谐波电流精度：0.5%+0.4%FS，add 0.2%FS/kHz

谐波基波频率范围： 47 ~70Hz

谐波次数：50 次

通讯接口：标配：RS-232、LAN，选配：GPIB

17.高压绝缘电阻测试仪

最高2500V测试电压，500GQ测试量程

自动极化指数(PI)/介电吸收比(DAR)

自动放电，保证安全

VCAT IV 600V安全等级，符合电力行业规范DLT845

自动计算介质放电率

5mA短路电流，测试更快

直流电压/电阻测量

18.分光色差仪

测量结构：D/8, SCI+SCE

测量重复性：De\*ab≤0.02

台间差: De\*ab≤0.02

测量/照明口径稳定型和灵巧型共8 个：Φ11mm，Φ6mm，Φ3mm，1\*3mm

▽11mm，▽6mm，▽3mm，▽1\*3mm

照明光源：全波段均衡LED 光源+UV，测量观察方式：摄像头

感应器：双列高精度CMOS 阵列传感器

波长间隔：10nm，波长范围：400-700nm，反射率测定范围：0-200%，反射率分辨率；0.01%

测量时间约：1 秒

19.吸入式热解粒子探测器

通讯方式：RS-485、网口、4G

探测器通道数：2个采样通道

采样管长度：单管长120m，总管长240m

覆盖面积：＞2000m2

采样地址点：2个管路地址点，1个探测腔地址点

采样孔数量：单管30个，双管60个

寻址功能：支持

指示灯：共包含6个指示灯： 1个红色火警灯、 1个红色预警灯、 1个黄色故障灯、 1个绿色隔离灯、 1个黄色消音灯、 1个长条绿色电源灯

报警方式：本地声、光报警；物联网云平台报警；短信推送；电话通知

声压级：＞85dB

显示方式：7寸彩色液晶触摸屏幕

继电器输出：7路，DC30V，2A

气流传感器：不少于2个

探测灵敏度：0.001%～30%obs/m，高灵敏型

报警级别：预警、行动、火警1、火警2

事件记录：火警记录，故障记录，运行记录，高达200,000条

工作电压：DC24V，需配接带备电功能的标准电源箱

功耗：＜24W （默认出厂设备状态）

工作温度：–30℃～+60℃

存储温度：–30℃～+70℃

工作湿度：≤90%RH（无凝结）

20.光谱仪

Ocean SR6是一款紧凑型紫外-可见-近红外光谱仪，由不劣于2048像素CCD阵列探测器和强大的电路组成，可提供高光谱响应、高光学分辨率和出色的波长热稳定性。

波段范围：~185-1100nm（根据配置）

光学分辨(25um狭缝):0.50-2.0nm

(FWHM)(取决于具体配置)

积分时间:7.2ms-5s

动态范围:12000:1(单次扫描)

信噪比:3500:1(板载平均模式)

信噪比:400:1(单次扫描@10ms)

热稳定性:不劣于0.02nm/°C

像素:不劣于2048

接口:USB Type-C;SMA 905:

16-pin Samtec TM，RS-232

储存温度:-30°C-70°C

工作温度:0°C-55°C

21.烟气分析仪

1）O2测量

量程：0-25%VOL

精度：±0.2VOL.%

分辨率：不劣于0.01%VOL

2）CO测量

量程：0-10000 ppm

精度：±10 ppm或±10%测量值（0-200 ppm）

±20 ppm或±5%测量值（201-2000 ppm）

±10%测量值（2001-10000 ppm）

分辨率：1ppm

3）NO2测量

量程：0-500 ppm

精度：±10 ppm（0-199 ppm）

±5%测量值（其余量程）

4）CO2

量程：0-100%

精度：±0.2VOL%

分辨率：不劣于0.1%VOL

5）CH4

量程：0-100%

精度：±0.2VOL%

分辨率：不劣于0.1%VOL

6）HCl测量

量程：0-500 ppm

精度：±10 ppm（0-199 ppm）

±5%测量值（其余量程）

7）SO2测量

量程：0-500 ppm

精度：±10 ppm（0-199 ppm）

±5%测量值（其余量程）

8）HCN测量

量程 0 to 50 ppm

荷载 100 ppm

灵敏度 0.10 ± 0.02 μA/ppm

分辨率 不劣于0.2 ppm

9）C2H4测量

量程：0-200 ppm

精度：±5 ppm（0-199 ppm）

±5%测量值（其余量程）

10）CH2O测量

检测范围0-10ppm

最大检测限20ppm

11) C₈H18O测量

检测范围0-500ppm

22.配套测试软件

可将电气线路早期征兆“电-热-气-光”数据采集并记录在软件系统平台。

包括：

1. 用户登入；
2. 参数配置；
3. 集成上述所有硬件采集数据；
4. 系统控制执行系统（直流电弧、交流电弧、漏电、综合测试等）
5. 高速数据采集配置（若选高速采集）；
6. 串联电弧故障试验；
7. 并联电弧故障试验；
8. 漏电测试功能；
9. 屏蔽试验；
10. 误脱扣试验；
11. 综合功能测试试验（热、气、光）；
12. 波形曲线分析（时域、频域等分析，根据需求非标定制）；
13. 原始数据自动存储、报表自动生成。
14. 软件具有设备安全功能检测（漏电、过载、缺相、绝缘等故障检测）
15. 急停、安全保护

23.预留环境箱接口

三、安全要求

标识：安全类警告标识(运行指示、高压危险、端口带电警示等)

参数档位标识：电压电流频率等重要档位参数区分明确且精细

接线引出排：接线端口应采取必要的防护措施防止人员触电

四、售后服务

售后服务响应时间（质保期内）：即时响应（包括电话响应）；电话响应无法解决48 小时内到达现场。修复时间 24 小时内解决；如在 24 小时内无法修复，则提供部件冗余服务或采取应急措施，提供相同产品或不低于故障产品规格档次的备用产品供采购人使用，以确保货物的正常使用。免费进行设备操作培训。三年内免费进行设备维护，免费更新软件升级。