

中华人民共和国能源行业标准

NB/T XXXXX—202X

高压直流保护测试设备技术规范

Technical specification for HVDC protection test equipment

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

国家能源局 发布

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 技术要求	1
4.1 一般要求	2
4.2 工作条件	2
4.3 性能要求	4
4.4 接口	7
4.5 同步要求	8
4.6 安全要求	8
4.7 绝缘要求	8
4.8 振动	9
4.9 冲击	9
4.10 碰撞	9
4.11 温度影响	9
4.12 耐湿热性能	9
4.13 供电电源的影响	9
4.14 电磁兼容要求	9
5 测试功能要求	10
5.1 基本测试功能要求	10
5.2 专用测试功能	11
5.3 特殊测试功能	12
5.4 整组操作试验	12
5.5 试验报告	12
6 检验规则	12
6.1 检验分类	12
6.2 检验周期	12
6.3 检验项目	12
7 包装、运输、贮存	15
7.1 包装	15
7.2 运输	15
7.3 贮存	15
8 标志、标签	15

8.1 铭牌.....	15
8.2 其他标志与标签.....	16
9 供货的成套性.....	16
9.1 随产品配套的文件.....	16
9.2 随产品供应的配套件.....	16
10 质量保证.....	16

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。

本文件由中国电器工业协会提出。

本文件由全国度量继电器和保护设备标准化技术委员会(SAC/TC154)归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

高压直流保护测试设备技术规范

1 范围

本文件规定了高压直流输电系统直流保护测试设备（以下简称测试设备）的技术要求、测试功能要求、检验规则、包装、运输、贮存、标志、标签、供货的成套性、质量保证。

本文件适用于高压直流输电系统直流保护测试设备的设计、生产、检验，柔性直流输电系统直流保护测试设备可参照执行。

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 2887—2011 计算机场地通用规范
- GB/T 4208—2017 外壳防护等级（IP 代码）
- GB/T 9361—2011 计算机场地安全要求
- GB/T 11287—2000 电气继电器 第 21 部分：量度继电器和保护装置的振动、冲击、碰撞和地震试验 第 1 篇：振动试验（正弦）
- GB/T 13498—2017 高压直流输电术语
- GB/T 14537—1993 量度继电器和保护装置的冲击与碰撞试验
- GB/T 14598.26—2015 量度继电器和保护装置 第 26 部分：电磁兼容要求
- GB/T 14598.27—2017 量度继电器和保护装置 第 27 部分：产品安全要求
- GB/T 20840.8 互感器 第 8 部分：电子式电流互感器
- GB/T 22390.4—2008 高压直流输电系统控制与保护设备 第 4 部分：直流系统保护设备
- DL/T 624 继电保护微机型试验装置技术条件
- DL/T 995 继电保护及电网安全自动装置检验规程
- DL/T 1501—2016 数字化继电保护试验装置技术条件

3 术语和定义

GB/T 22390.4—2008、GB/T 13498—2017、DL/T 624、DL/T 1501—2016界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

高压直流保护测试设备 test equipment for HVDC protection

能以模拟量形式或数字量形式同步输出电流、电压，并能发送、接收开关量的高压直流保护（含接口单元、三取二装置）试验装置。

4 技术要求

4.1 一般要求

- 4.1.1 本文件中的直流保护，指直流输电系统中配置的极保护、双极保护、换流器保护、换流变保护、交直流滤波器保护等。
- 4.1.2 本文件中的直流保护测试设备，指具有校验高压直流保护装置功能的常规测试设备，应和直流保护专门的回路接线校验、功能校验、自检校验功能相对应。
- 4.1.3 测试设备应具备开入量、开出量硬接点。
- 4.1.4 测试设备应具备模拟量输出通道。
- 4.1.5 测试设备应具备光串口，收发报文符合 GB/T 20840.8 规定的 FT3 报文协议，数据传输速率至少应能配置为 2.5 Mbit/s、5 Mbit/s、10 Mbit/s、20 Mbit/s，数据采样率至少应能配置为 2 k、4 k、10 k、20 k、50 k、100 k。
- 4.1.6 测试设备输出的 FT3 报文应符合 GB/T 20840.8 要求，并支持帧格式自定义。
- 4.1.7 测试设备应支持多路 FT3 报文数据输出，通道数量、通道类型、通道延时可独立配置。
- 4.1.8 测试设备每相电压和电流都互相独立，其幅值、相位和频率等参数都能分别设置并能连续调整，并具备直流和谐波叠加输出功能。
- 4.1.9 测试设备光纤接口数据传输状态应有明显指示。
- 4.1.10 测试设备应具有与外部交换数据和信息的调试接口。
- 4.1.11 测试设备数字量输出界面支持直流量输出方式也支持界面码值直接输出。
- 4.1.12 在测试的各个阶段，测试设备都应有明确的指示。
- 4.1.13 测试设备应具备与时钟设备同步的能力以及多台同步输出的能力。
- 4.1.14 测试界面中所给出的条件及相关参数的设置应定义明确，并与输出记录的内容一致。
- 4.1.15 测试设备应能保存测试配置参数，并支持直接调用。
- 4.1.16 测试设备在上电、重启过程中不应误输出。
- 4.1.17 测试设备应具备完善的自保护功能，在使用过程中，如果发生过热、过流、短路、开路现象，试验设备应立即自动停止输出并报警。
- 4.1.18 测试设备应能实时显示发送报文中的开关量和模拟量。
- 4.1.19 测试设备应能实时显示报文开入量状态并记录变位时刻。

4.2 工作条件

4.2.1 基准工作条件

基准工作条件下确定测试设备的基本误差，用于产品的验收检验、型式检验及仲裁检验时的试验条件。

测试设备的基准工作条件见表1。

表1 试验装置基准工作条件

影响量	基准工作条件	允许偏差
环境温度	20 ℃	±2 ℃
相对湿度	45%~75%	—
大气压力	86 kPa~106 kPa	—
工作电源电压	额定值	±2%
工作电源频率	50 Hz	±0.5 Hz

表 1（续）

影响量	基准工作条件	允许偏差
工作电源波形	正弦波	总谐波失真系数 $\leq 2\%$
直流电源电压 ^a	额定值	$\pm 2\%$
直流电源电压的纹波系数	0	$\leq 2\%$ (4%) ^b
外磁场感应强度	0	0.5 mT
振动、冲击	0	强度不超过 1 级
^a 当试验装置采用直流电源供电方式时的条件。		
^b 直流电源电压的纹波系数是按峰-峰值纹波系数定义的数值。		

4.2.2 额定工作条件（影响量标称范围极限值）

测试设备的额定工作条件（影响量标称范围额定值）见表2。

表2 额定工作条件（影响量标称范围极限值）

影响量	标称范围极限值		额定工作条件
	标称值	允许偏差	
环境温度	-10 °C~+55 °C	—	-10 °C~+45 °C
相对湿度	最湿月平均相对湿度为 90%，该月的平均温度为 25 °C，并且产品上不应出现凝露	—	$\leq 90\%$
大气压力	80 kPa~110 kPa（海拔 2 000 m 及以下）	—	80 kPa~110 kPa
交流电源电压	额定值	-20%~+15%	176 V~253 V
交流电源频率	50 Hz	± 2.5 Hz	48 Hz~51 Hz
交流电源波形	正弦波	总谐波失真系数 $\leq 5\%$	正弦波，允许总谐波畸变率不大于 5%
影响量	标称范围极限值		额定工作条件
	标称值	允许偏差	
直流电源电压 ^a	额定值	-20%~+15%	
直流电源电压纹波系数 ^b	$\leq 5\%$ (10%)	—	
外磁场感应强度	不大于 0.5 mT	—	
振动、冲击	强度为 1 级	—	
^a 当试验装置采用直流电源供电方式时的条件。			
^b 直流电源电压的纹波系数是按峰-峰值纹波系数的定义的数值。			

4.2.3 周围环境

测试设备的使用地点周围环境应符合以下要求：

- 应遮阳、挡雨雪，防御雷击、沙尘，通风；
- 电磁干扰不超过 GB/T 14598.26—2015 中规定的 A 类电气环境；
- 使用地点不出现超过 GB/T 11287—2000 规定的严酷等级为 1 级的振动，运输贮存过程不出现超过 GB/T 14537—1993 规定的严酷等级为 I 级的冲击和碰撞；

- d) 使用地点无爆炸危险的介质，周围介质不应含有能腐蚀金属、破坏绝缘和表面镀覆及涂覆层的介质及导电介质，无明显的水汽，无严重的霉菌存在；
- e) 使用地点符合GB/T 9361—2011中B级安全要求的规定；
- f) 安装场所具有可靠的接地点，并符合GB/T 2887—2011中5.8的规定。

4.2.4 标准大气环境条件

标准大气环境条件为：

- a) 环境温度：15 ℃~35 ℃；
- b) 相对湿度：45%~75%；
- c) 大气压力：86 kPa~106 kPa。

4.3 性能要求

4.3.1 模拟量通道

4.3.1.1 测试设备应具备模拟量输出功能，满足直流保护装置对模拟量输入的要求，幅值大小应满足直流保护装置的最大值最小值输入范围。

4.3.1.2 单相电流的输出范围不小于 $0 \sim I_{\max}$ 。对于 $I_n=1$ A 的试验装置， $I_{\max}=10$ A；对于 $I_n=5$ A 的试验装置， $I_{\max}=30$ A。电流持续输出时间符合表 3 规定。

表3 电流持续输出时间

电流输出范围	持续输出时间
$0 \sim I_n$	>4 h
$I_n \sim 2I_n$	>2 h
$2I_n \sim 5I_n$	>15 s
$5I_n \sim I_{\max}$	>5 s

4.3.1.3 任意一相电流的零漂不应大于±5 mA。

4.3.1.4 输出电流频率为 50 Hz 时，输出电流的准确度误差不大于±2.5 mA 或±0.2%。

4.3.1.5 输出电流频率为 50 Hz 时，输出电流的最小变化步长应符合表 4 规定。

表4 输出电流最小变化步长

输出电流/A	电流最小变化步长/mA
$I \leq I_n$	≤ 1
$I_n < I \leq 2I_n$	≤ 2
$2I_n < I \leq I_{\max}$	≤ 10

4.3.1.6 在频率为 50 Hz、电流总谐波畸变率小于 1%时，对于 $I_n=1$ A 的装置，每相电流最大输出功率不小于 50 VA；对于 $I_n=5$ A 的装置，每相电流最大输出功率不小于 450 VA。

4.3.1.7 在阻性负载条件下，输出电流从 0 到最大电流的过程中，电流值由峰值 10%上升到峰值 90%的时间小于 100 μs；输出电流从最大电流到 0 的过程中，电流值由峰值 90%下降到峰值 10%的时间小于 100 μs。

4.3.1.8 输出电流的过冲值不应大于设定输出值的±10%。

4.3.1.9 每相电压的输出范围不应小于 120 V，并能持续输出。

- 4.3.1.10 任意一相电压的零漂不应大于 ± 5 mV。
- 4.3.1.11 输出电压频率为 50 Hz 时，输出电压的准确度误差不大于 ± 10 mV 或 $\pm 0.2\%$ 。
- 4.3.1.12 输出电流频率为 50 Hz 时，输出电压的最小变化步长应符合表 5 规定。

表5 输出电压最小变化步长

输出电流/V	电流最小变化步长/mV
$U \leq 2$	≤ 5
$2 < U$	≤ 10

- 4.3.1.13 在频率为 50 Hz、电压总谐波畸变率小于 1%时，每相电压输出最大功率不小于 50 VA。
- 4.3.1.14 在阻性负载条件下，输出电压从 0 到最大电压的过程中，电压值由峰值 10%上升到峰值 90%的时间应小于 100 μ s；输出电压从最大电压到 0 的过程中，电压值由峰值 90%下降到峰值 10%的时间应小于 100 μ s。
- 4.3.1.15 输出电压的过冲值不应大于设定输出值的 $\pm 10\%$ 。
- 4.3.1.16 输出电流大于 $0.1 I_n$ ，或者输出电压大于 2 V 时，输出的频率范围、频率误差、频率的最小变化步长和输出幅值误差应符合表 6 的规定。

表6 频率特性

输出频率范围/Hz	频率误差/Hz	频率的最小变化步长/Hz	输出幅值误差
$10 < f \leq 65$	$\leq \pm 0.001$	0.001	$\leq \pm 0.5\%$
$65 < f \leq 450$	$\leq \pm 0.01$	0.001	$\leq \pm 0.5\%$
$450 < f \leq 1000$	$\leq \pm 0.02$	0.001	$\leq \pm 1\%$

- 4.3.1.17 波形质量性能应符合下列要求：
- 交流电流大于 $0.1 I_n$ 、交流电压大于 2 V 时，总谐波畸变率不应超过 0.5%。
 - 交流电流大于 $0.1 I_n$ 、交流电压大于 2 V 时，直流分量不应超过 0.2%。
- 4.3.1.18 直流电压性能应符合下列要求：
- 直流电压源的零漂不应大于 ± 5 mV。
 - 直流电压输出幅值的范围：0 V~300 V。
 - 直流电压输出准确度：
 - 输出电压的幅值 $U \leq 5$ V 时，误差不超过 ± 25 mV；
 - 输出电压的幅值 $5 < U \leq 300$ V 时，误差不超过 $\pm 0.5\%$ 。(0.2%)
 - 直流电压变化的最小步长
 - 输出电压的幅值 $U \leq 300$ V 时，变化的最小步长为 10 mV
 - 直流电压输出的功率：
 - 最大输出电压为 300 V，输出功率不小于 90 W；
 - 直流输出电压为 220 V 时，输出功率不小于 60 W；
 - 直流输出电压为 110 V 时，输出功率不小于 30 W。
 - 输出直流电压的纹波：

输出直流电压为 0 V~300 V 时，直流电压中的交流分量的峰-峰值不应大于输出设定值的 1%。

g) 直流电压输出的响应时间：

试验装置接通及断开直流电压时的响应时间应小于 1 ms。响应时间为电压值由 10%上升到 90% 电压值或由 90%下降到 10%电压值的时间。

4.3.1.19 直流电流性能应符合下列要求：

a) 直流电流源的零漂不应大于±5 mA；

b) 直流电流输出幅值的范围：0 A~20 A；

c) 直流电流输出准确度：

输出电流的幅值 $I \leq 1$ A 时，误差不超过±5 mA；

输出电流的幅值 $1 \text{ A} < I \leq 20$ A 时，误差不超过±0.5%。

d) 直流电流变化的最小步长：

输出电流的幅值为 $I \leq 10$ A 时，变化的最小步长为 2 mA；

输出电流的幅值为 $10 \text{ A} < I \leq 20$ A 时，变化的最小步长为 10 mA。

e) 直流电流最大输出功率为 200 W (20 A、10 V)；

f) 输出直流电流为 0 A~20 A 时，直流电流中的交流分量的峰-峰值不大于输出设定值的 1%；

g) 试验装置接通及断开直流电流时的响应时间应小于 1 ms。响应时间为电流值由 10%上升到 90% 电流值或由 90%下降到 10%电流值的时间。

4.3.2 数字量通道

4.3.2.1 测试设备应具备数字量通道输出功能，满足直流保护装置对数字量输入的要求，数字量位数、协议要求、信息编码特征应满足直流保护装置的要求。测试设备应具备数字量输入的功能，能接收直流保护装置输出的数字量信号。

4.3.2.2 数字报文输出应满足 GB/T 20840.8 中规定的报文协议格式。

4.3.2.2.1 45 Hz~55 Hz 下交流采样输出时其有效值应符合下列要求：

a) 交流电压输出：

1) 输出范围：应不小于 0~ $2U_N$ ；

2) 准确度：0~ $0.1U_N$ 时误差应不大于±0.000 $1U_N$ ， $0.1U_N$ ~ $2U_N$ 时误差应不大于±0.1%；

3) 最小变化步长：应不大于 0.000 $1U_N$ 。

b) 交流测量电流输出：

1) 输出范围：应不小于 0~ $2I_N$ ；

2) 准确度：0~ $0.1I_N$ 时误差应不大于±0.000 $1I_N$ ， $0.1I_N$ ~ $2I_N$ 时误差应不大于±0.1%；

3) 最小变化步长：应不大于 0.000 $1I_N$ 。

c) 交流保护电流输出：

1) 输出范围：应不小于 0~ $40I_N$ ；

2) 准确度：0~ $5I_N$ 时误差应不大于±0.005 I_N ， $5I_N$ ~ $40I_N$ 时误差应不大于±0.1%；

3) 最小变化步长：应不大于 0.005 I_N 。

d) 波形质量性能应符合下列要求：

1) 交流电流大于 10 A、交流电压大于 100 V 时，其总谐波畸变率不应超过 0.1%。

2) 交流电流大于 10 A、交流电压大于 100 V 时，其直流分量不应超过 0.1%。

4.3.2.2.2 直流采样输出时其有效值应符合下列要求：

- a) 直流电压输出：
 - 1) 输出范围：应不小于 $0\sim 2U_N$ ；
 - 2) 准确度： $0\sim 0.1U_N$ 时误差应不大于 $\pm 0.000\ 1U_N$ ， $0.1U_N\sim 2U_N$ 时误差应不大于 $\pm 0.1\%$ ；
 - 3) 最小变化步长：应不大于 $0.000\ 1U_N$ 。
- b) 直流电流输出：
 - 1) 输出范围：应不小于 $0\sim 40I_N$ ；
 - 2) 准确度： $0\sim 5I_N$ 时误差应不大于 $\pm 0.005I_N$ ， $5I_N\sim 40I_N$ 时误差应不大于 $\pm 0.1\%$ ；
 - 3) 最小变化步长：应不大于 $0.005I_N$ 。

4.3.3 开关量通道

测试设备应具备开关量输出功能，满足直流保护装置对开关量输入的要求，同时也应具备开关量输入的功能，满足直流保护装置跳闸输出开关量信号时接入该信号。

4.3.4 时间测量

4.3.4.1 时间测量范围为 $1\ \text{ms}\sim 9\ 999.999\ \text{s}$ 。

4.3.4.2 时间测量误差为：

- a) 测量时间范围为 $1\ \text{ms} < t \leq 1\ \text{s}$ 时，误差不超过 $\pm 1\ \text{ms}$ ；
- b) 测量时间范围为 $1\ \text{s} < t \leq 9\ 999.999\ \text{s}$ 时，误差不超过 $\pm 0.1\%$ 。

4.3.4.3 时间测量的分辨率不大于 $1\ \text{ms}$ 。

4.4 接口

4.4.1 光纤接口

光纤接口要求如下：

- a) 应具备至少 6 个光纤串行发送接口和 2 个光纤串行接收接口；
- b) 光纤类型：多模光纤；
- c) 光纤芯径： $62.5/125\ \mu\text{m}$ （或 $50/125\ \mu\text{m}$ ）；
- d) 光波长： $1\ 310\ \text{nm}$ 或 $850\ \text{nm}$ ；
- e) 光纤发送功率和接收灵敏度：
 - 1) $1\ 310\ \text{nm}$ 光纤：光纤发送功率范围为 $-20\ \text{dBm}\sim -14\ \text{dBm}$ ；光接收灵敏度范围不小于 $-31\ \text{dBm}\sim -14\ \text{dBm}$ ；
 - 2) $850\ \text{nm}$ 光纤：光纤发送功率范围为 $-19\ \text{dBm}\sim -10\ \text{dBm}$ ；光接收灵敏度范围不小于 $-24\ \text{dBm}\sim -10\ \text{dBm}$ 。
- f) 光纤连接器类型：ST 或 LC 接口。

4.4.2 电以太网接口

电以太网接口要求如下：

- a) 传输介质：屏蔽双绞线；
- b) 接口类型：RJ-45 电接口， $10\ \text{M}/100\ \text{M}$ 自适应。

4.4.3 开关量输出接口

开关量输出接口要求如下：

- a) 在电气上相互隔离的开出量应不少于 4 对；
- b) 应包含至少一对快速开出接点；
- c) 各开出量（不含快速开出接点）的遮断容量应不低于 DC250 V、0.3 A。

4.4.4 开关量输入接口

开关量输入接口要求如下：

- a) 在电气上相互隔离的开入量应不少于 8 对；
- b) 各开入量最大承受输入电压不低于 DC250 V，并能适应不同幅值与极性的带电触点或空触点的开入量。

4.4.5 模拟量输出接口

在电气上相互隔离的模拟量输出接口应不少于 6 路电压、6 路电流。

4.5 同步要求

4.5.1 同一测试设备不同接口的同步性能应符合下列要求：

- a) 不同光纤接口输出的各组数字模拟量报文之间的同步误差不应大于 $\pm 10 \mu\text{s}$ ；
- b) 不同模拟量接口输出的模拟量之间的同步误差不应大于 $\pm 10 \mu\text{s}$ ，输出的各组开关量之间的同步误差不应大于 $\pm 100 \mu\text{s}$ ；
- c) 输出的数字模拟量报文与模拟量之间的同步误差不应大于 $\pm 10 \mu\text{s}$ 。

4.5.2 装置与外部时钟同步后，数字模拟量报文延时不应大于 1 ms，模拟量的延时不应大于 100 μs ，开关量延时不应大于 100 μs 。

4.6 安全要求

测试设备的安全要求如下：

- a) 应符合 GB/T 14598.27—2017 第 5 章规定的电击防护相关要求；
- b) 应符合 GB/T 14598.27—2017 第 7 章规定的可燃性及防火相关要求；
- c) 应有必要的安全标志和安全注意事项；
- d) 应有防静电等接地保护，应采取防静电及防辐射电磁场干扰的防护措施，应有接地端子，将不带电金属部分连为一体，并接到接地端子上；
- e) 应具备自检和故障告警功能。

4.7 绝缘要求

4.7.1 绝缘电阻

在标准大气环境条件下进行绝缘电阻试验时，应满足以下要求：

- a) 电源输入端对地（机箱金属外壳）用 1 000 V 绝缘电阻表测试，其绝缘应不小于 300 M Ω ；
- b) 开关量硬接点输入端、输出端对地（机箱金属外壳）用 500 V 绝缘电阻表测试，其绝缘应不小于 50 M Ω ；
- c) 通信、同步、对时接口对地（机箱金属外壳）用 250 V 绝缘电阻表测试，其绝缘应不小于 5 M Ω 。

4.7.2 介质强度

在标准大气环境条件下，应对下列部位进行介质强度试验，不应出现击穿或闪络现象：

- a) 电源输入端与地（机箱金属外壳）之间，应能承受交流工频电压为 1.5 kV（或直流电压为 2.1 kV）、试验时间为 1 min、泄漏电流不大于 5 mA 的耐压试验；
- b) 开关量输入端、输出端对地以及开关量输入端、输出端之间应能承受交流工频电压为 500 V（或直流电压为 700 V）、试验时间为 1 min、泄漏电流不大于 5 mA 的耐压试验；
- c) 通信、同步、对时接口对地之间应能承受交流工频电压为 500 V（或直流电压为 700 V）、试验时间为 1 min、泄漏电流不大于 5 mA 的耐压试验。

4.8 振动

应具有承受GB/T 11287—2000中3.2规定的严酷等级为1级的振动响应和振动耐久能力。

4.9 冲击

应具有承受GB/T 14537—1993中4.2规定的严酷等级为1级的冲击响应和冲击耐受能力。

4.10 碰撞

应具有承受GB/T 14537—1993中4.3规定的严酷等级为1级的碰撞能力。

4.11 温度影响

环境温度在 4.2.2 规定的范围内变化时装置性能应满足4.3的要求。

4.12 耐湿热性能

在最高温度为40℃，检验周期为两周期（48 h）的条件下，经交变湿热检验，在检验结束前2 h内，用电压等级为500 V的测试仪器，测定4.7.1规定部位的绝缘电阻，不应小于1.5 MΩ，测定4.7.2规定部位的介质强度，检验电压为规定值的75%。

4.13 供电电源的影响

额定工作条件下，供电电源的幅值、频率、波形的变化不应影响试验装置的正常工作，且试验装置的性能指标应能满足4.3的要求。

4.14 电磁兼容要求

4.14.1 脉冲群抗扰度

应能承受GB/T 14598.26—2015规定的频率为1 MHz的脉冲群抗扰度试验，且试验装置的性能指标应能满足4.3的要求。

试验等级：III级，差模电压（第一个半波电压峰值）1 kV，共模电压（第一个半波电压峰值）2.5 kV。

4.14.2 静电放电抗扰度

应能承受GB/T 14598.26—2015规定的严酷等级为III级的静电放电抗扰度试验，且试验装置的性能指标应能满足4.3的要求。

4.14.3 辐射电磁场抗扰度

应能承受GB/T 14598.26—2015规定的严酷等级为III级的辐射电磁场抗扰度试验，且试验装置的性能指标应能满足4.3的要求。

4.14.4 快速瞬变抗扰度

应能承受GB/T 14598.26—2015规定的严酷等级为B级的快速瞬变抗扰度试验，且试验装置的性能指标应能满足4.3的要求。

4.14.5 电磁发射要求

产品电磁辐射限值应符合GB/T 14598.26—2015中传导发射极限值和辐射发射极限值的规定。射频传导发射限值见表7。

表7 传导发射限值

发射频率范围/MHz	发射限值/dB
0.15~0.5（不含0.5）	79~66
0.5~30	73~60

射频电磁场发射限值见表8。

表8 射频电磁场发射限值

发射频率范围/MHz	场强/dB	测量距离/m
30~230	40	10
230~1000	47	

4.14.6 外壳和防护

测试设备的外壳防护等级应符合GB/T 4208—2017规定的IP21级的要求。

5 测试功能要求

5.1 基本测试功能要求

5.1.1 手动测试

5.1.1.1 应能设置交流量的各相电压、电流的幅值、频率和相位。

5.1.1.2 应能设置直流量的幅值。

5.1.1.3 应能以交流电压（包括相电压、线电压、零序电压、正序电压、负序电压）以及交流电流（包括相电流、线电流、零序电流、正序电流、负序电流）的幅值、相位、频率等为变量，测试保护的相关性能。

5.1.1.4 应能输出直流电压、电流，并以直流电压、电流为变量，测试保护的相关性能。

5.1.1.5 应能手动设置变量变化步长。

5.1.1.6 应能控制开出量变化。

5.1.1.7 应能监视开入量变化。

5.1.1.8 应能监视直流保护系统向直流控制系统或后台发出的动作信号。

5.1.1.9 应能测试动作时间。

5.1.2 递变测试

- 5.1.2.1 应能设置递增或递减变化前交流量的各相电压、电流的幅值、频率、相位和直流电压、电流幅值。
- 5.1.2.2 应能以交流电压（包括相电压、线电压、零序电压、正序电压、负序电压），交流电流（包括相电流、线电流、零序电流、正序电流、负序电流）的幅值、相位、频率和直流电压、电流等为变量，测试保护的相关性能。
- 5.1.2.3 应能设置变量的递增量或递减量的变化步长以及变化步长后持续的时间。
- 5.1.2.4 应能以设置的变量、变化步长和变化时间自动输出变量的参数值，测试保护的動作值、返回值及其動作时间。
- 5.1.2.5 应能控制开出量变化。
- 5.1.2.6 应能监视开入量变化。
- 5.1.2.7 应能监视直流保护系统向直流控制系统或后台发出的動作信号。

5.1.3 多种连续状态的测试

- 5.1.3.1 应能提供多种状态序列的设置功能。
- 5.1.3.2 应能提供时间控制、开入量控制、手动触发、定时同步触发等方式进行状态间的切换。
- 5.1.3.3 应能记录状态切换时的电压、电流、频率及切换时间。
- 5.1.3.4 应能检测被测保护及安全自动装置動作行为的开入量、开出量及其逻辑关系。
- 5.1.3.5 状态的试验参数设置要求：
 - a) 应能设置电压、电流的幅值、相位和频率；
 - b) 应能设置各种故障类型的状态参数；
 - c) 应能设置频率变化率，并按频率变化率变化频率；
 - d) 应能设置电压变化率，并按电压变化率变化电压；
 - e) 应能对各开出量分别进行控制；
 - f) 应能在输出交流电流上叠加可衰减的直流分量（即非周期分量），衰减时间常数可控。
- 5.1.3.6 应能设置循环次数参数，记录多次循环的動作值和動作时间。

5.1.4 叠加谐波功能

- 5.1.4.1 以基波的初相位作参考，交流电源输出的电流、电压信号可以任意叠加谐波分量，谐波分量的次数为2次~20次，各次谐波分量的幅值、相位能够任意设定。
- 5.1.4.2 输出的各相电流和电压能叠加不同幅值、相位和次数的谐波分量，所叠加谐波分量的幅值与相位应能分别进行单独的调整。
- 5.1.4.3 对输出的电流、电压同时进行谐波叠加时，应以电流或电压的基波相位为基准。
- 5.1.4.4 应能显示谐波叠加后各相电流与电压的谐波含有率、谐波相位、直流分量等参数及叠加后的波形。
- 5.1.4.5 能以基波或各次谐波为变量，谐波含量可以用幅值或占基波的百分比的形式表示。
- 5.1.4.6 谐波叠加后输出量作为变量时，变量的变化步长可以设定，且应按设定的步长输出。

5.2 专用测试功能

测试设备宜具备典型直流保护功能的专项测试能力，可设置和编辑直流保护功能测试的模板，能实现直流保护功能测试的自动配置，相关直流保护功能可包括但不限于如下各项：

- a) 阀短路保护；
- b) 换流器差动保护；
- c) 极母线/中性母线差动保护；

- d) 极差动保护;
- e) 50 Hz/100 Hz 保护;
- f) 直流滤波器差动保护;
- g) 直流滤波器电容不平衡保护。

5.2.1 故障回放功能

测试设备应能:

- a) 具有故障回放功能, 支持标准的 COMTRADE 格式的波形回放;
- b) 测试设备应具备将直流故障录波数据回放进行直流保护测试的功能;
- c) 具有手动触发、开入量触发、对时同步触发等多种触发方式。

5.3 特殊测试功能

5.3.1 特殊测试功能由用户与制造厂商定。

5.3.2 应能自动完成保护装置的测试, 并对测试结果进行智能判别, 自动测试后生成完整的测试报告。

5.4 整组操作试验

5.4.1 应能通过模拟电力系统的故障进行整组操作试验。

5.4.2 应能模拟区内、区外、正向和反向故障。

5.5 试验报告

5.5.1 试验报告应具有灵活的输出格式, 并能够导出 PDF、Word 或 Excel 等主流格式的文件。

5.5.2 用户可根据需求对试验报告的格式进行编辑。

6 检验规则

6.1 检验分类

测试设备检验包含型式检验、出厂检验、定期检验三种:

- a) 型式检验: 新型测试设备使用前进行的全面检验, 目的是为了确定将使用的测试设备的性能, 是否符合其批准时型式所规定的要求;
- b) 出厂检验: 产品出厂前经制造厂的质量检验部门进行出厂检验, 检验在基准条件下进行;
- c) 定期检验: 使用中的测试设备一般只进行各输出量的示值误差校准。

6.2 检验周期

测试设备的检验周期应满足:

- a) 新型测试设备首次使用前应进行产品定型检验;
- a) 新设备在使用前应按照定期检验项目进行检验;
- d) 使用中的测试设备应进行定期检验, 定期检验周期宜为一年一次;
- b) 测试设备修理后, 应按照定期检验的项目进行检查。检查设备的检验标记或检验证书是否有效, 保护标记是否损坏, 修理后设备状态是否受到明显变动, 校准不确定度是否变化, 及其误差是否超过使用中允许的误差极限。

6.3 检验项目

测试设备的检验项目应符合表9的规定。

表9 检验项目

序号	检验项目名称	型式检验	出厂检验	定期检验
1	结构及外观	√	√	√
2	功能配置	√	√	—
3	光纤接口状态指示	√	√	√
4	单光纤收发功能	√	√	—
5	输出模拟量电流的范围 ^a	√	√	√
6	输出模拟量电流的持续时间 ^a	√	√	√
7	输出模拟量电流的零漂 ^a	√	√	√
8	输出模拟量电流的准确度 ^a	√	√	√
9	输出模拟量电流的最小变化步长 ^a	√	√	—
10	输出模拟量电流的功率 ^a	√	√	√
11	输出模拟量电流的响应速度 ^a	√	√	√
12	输出模拟量电流的过冲值 ^a	√	√	√
13	输出模拟量电压的范围 ^a	√	√	√
14	输出模拟量电压的持续时间 ^a	√	√	√
15	输出模拟量电压的零漂 ^a	√	√	√
16	输出模拟量电压的准确度 ^a	√	√	√
17	输出模拟量电压的最小变化步长 ^a	√	√	—
18	输出模拟量电压的功率 ^a	√	√	√
19	输出模拟量电压的响应速度 ^a	√	√	√
20	输出模拟量电压的过冲值 ^a	√	√	√
21	输出模拟量的幅频特性 ^a	√	√	√
22	输出模拟量的波形质量 ^a	√	√	√
23	独立数字量采样值的能力 ^b	√	√	—
24	数字电流的输出范围 ^b	√	√	—
25	数字电流的准确度 ^b	√	√	√
26	数字电流的最小变化步长 ^b	√	√	—
27	数字电压的输出范围 ^b	√	√	—
28	数字电压的准确度 ^b	√	√	√
29	数字电压的最小变化步长 ^b	√	√	—
30	数字报文波形质量 ^b	√	√	—
31	数字开关位置接收和发布能力 ^b	√	√	—
32	报文一致性 ^b	√	√	—
33	同一试验装置不同接口的同步性	√	√	—

表9（续）

序号	检验项目名称		型式检验	出厂检验	定期检验
34	装置与外部时钟同步后的性能		√	√	—
35	输出相位的范围		√	√	—
36	输出相位的准确度		√	√	√
37	输出相位的最小变化步长		√	√	—
38	时间测量的范围		√	√	—
39	时间测量的准确度		√	√	√
40	时间测量的分辨率		√	√	—
41	时间控制的范围		√	√	—
42	时间控制的准确度		√	√	√
43	时间控制的最小变化步长		√	√	—
44	模拟量接口数量		√	√	√
45	光纤接口数量		√	√	√
46	光纤接口收发功率		√	√	√
47	光纤接口类型		√	√	—
48	硬接点开出量接口	数量	√	√	√
		接口的遮断容量	√	√	—
49	硬接点开入量接口	数量	√	√	√
		接口的性能	√	√	—
50	测试功能试验		√	√	—
51	异常报警		√	√	—
52	长期运行试验		√	√	—
53	安全标志		√	√	√
54	安全接地		√	√	√
55	绝缘电阻		√	√	√
56	介质强度		√	√	—
57	承受振动耐久能力		√	—	—
58	承受冲击耐久能力		√	—	—
59	承受碰撞能力		√	—	—
60	温度影响		√	—	—
61	耐湿热性能		√	—	—
62	供电电源的影响		√	—	—
63	承受脉冲群干扰能力		√	—	—
64	承受静电放电干扰能力		√	—	—
65	承受辐射电磁场干扰能力		√	—	—

表 9（续）

序号	检验项目名称	型式检验	出厂检验	定期检验
66	承受快速瞬变干扰能力	√	—	—
67	电磁发射试验	√	—	—
68	外壳防护	√	—	—
注：符号“√”表示该项目必做。				
^a 只测试模拟量端口。				
^b 只测试数字量端口。				

7 包装、运输、贮存

7.1 包装

7.1.1 产品应有良好的内、外包装，并具备防尘、防雨、防水、防潮、防震等措施。

7.1.2 外包装箱上应以不易洗刷或脱落的涂料作如下标志：

- a) 发货厂名、产品名称、型号；
- b) 收货单位名称、地址、到站；
- c) 包装箱外形尺寸（长×宽×高）及毛重；
- d) 包装箱外应标有“防潮”、“向上”、“小心轻放”等标志字样。

7.1.3 包装箱内应附有测试软件、使用手册、检验报告、附件、装箱清单以及产品检验合格证。

7.2 运输

7.2.1 产品应适于陆运、空运、水运（海运）。

7.2.2 运输和装卸必须严格按照包装箱上标志的规定以及国家运输标准有关规定执行。

7.2.3 包装好的户内使用的产品在运输过程中的贮存温度为-25℃~+55℃，相对湿度不大于95%。产品应能承受在此环境中的短时贮存。

7.3 贮存

7.3.1 贮存、运输的极限环境温度是-20℃~+70℃，湿度不大于90%。

7.3.2 包装好的试验装置应贮存在环境温度为-20℃~+70℃、湿度不大于90%的库房中，室内无酸、碱、盐及腐蚀性、爆炸性气体，不受灰尘、雨、雪的侵蚀，长期不用的产品应保留原包装。

8 标志、标签

8.1 铭牌

每台产品应有铭牌或相当于铭牌的标志，内容包括：

- a) 制造厂名称和商标；
- b) 产品型号和名称；
- c) 规格号（需要时）；
- d) 额定值；
- e) 产品制造年、月；

- f) 产品的编号；
- g) 电源接口，光纤以太网接口，光纤串口接口，开关量的输入、输出接口；
- h) 接口和面板上的按钮应用明显的色彩或字符标示。

8.2 其他标志与标签

- 8.2.1 产品的端子旁应标明端子号，光纤以太网接口旁应标明接收或者发送。
- 8.2.2 安全标志及有关注意事项的说明（包括静电敏感部件应有防静电标志）。
- 8.2.3 产品外包装上应有收发货标志、包装、贮存、运输图示标志等必需的标志和标签。
- 8.2.4 产品的相关部位及说明书中应有安全标志，安全标志见 GB/T 14598.27—2017。
- 8.2.5 产品的使用说明书、质量证明文件或包装物上应标有产品执行的标准代号。
- 8.2.6 所有标志均应规范、清晰、持久。

9 供货的成套性

9.1 随产品配套的文件

出厂产品应配套以下文件：

- a) 质量证明文件，必要时附出厂检验记录；
- b) 产品说明书；
- c) 产品原理图和接线图（可含在产品说明书中）；
- d) 装箱单。

9.2 随产品供应的配套件

随产品供应的配套件应在相关文件中注明，宜包括：

- a) 易损零部件及易损元器件；
- b) 产品附件；
- c) 合同中规定的备品、备件。

10 质量保证

除另有规定外，在用户完全遵守本文件、产品企业标准及产品说明书规定的运输、贮存、安装和使用要求的情况下，产品自出厂之日起两年内，如发生产品及其配套件非人为损坏，制造厂负责免费修理或更换。