



2011000674D



检测
CNAS L1592

编号: 2012055

电力工业电力设备及仪表质量检验检测中心

检 验 报 告

(变压器质检站)检字 2012 第 055 号

样(试)品名称: 玻璃纤维干式变压器套管

样(试)品型号: FBRG-126/630

生 产 单 位: 大连东磊电力科技有限公司

委 托 单 位: 大连东磊电力科技有限公司

检 验 类 别: 委托试验

2012 年 10 月 9 日

检验单位地址: 中国 北京 清河 小营东路 15 号

检验单位邮编: 100192

检验单位电话: 010-62931468

检验单位传真: 010-62913139

网 址: www.epri.sgcc.com.cn

电力工业电力设备及仪表质量检验检测中心

检 验 报 告

报告编号:2012055

共 20 页 第 1 页

样(试)品 名 称	玻璃纤维干式变压器套管	出厂编号	12056013
型号规格	FBRG-126/630	单位地址	大连市甘井子区华南红星国际广场3号楼2804室
委托单位	大连东磊电力科技有限公司	取样(试) 方 式	-
样(试)品 编 号	001	到样(试) 日 期	2012 年 8 月 1 日
样(试)品 数 量	1 台	检验日期	2012 年 8 月 2 日 ~2012 年 8 月 20 日
生产单位	大连东磊电力科技有限公司	主要参数	见本报告有关章节
检验类别	委托试验		
检验项目	见第 2-4 页		
生产日期	2012 年 05 月		
检验依据 标 准	GB/T 4109-2008 交流电压高于 1000V 的绝缘套管		
检 验 结 论	本试品所检的试验项目、方法及结果符合 GB/T 4109-2008 标准的要求， 所检项目合格。 批准人:  质检中心盖章  签发日期: 2012 年 10 月 9 日		
备 注	若属于抽检应标明: 抽样单位、抽样基数、抽样日期		

电力工业电力设备及仪表质量检验检测中心

检 验 报 告

报告编号: 2012055

检验项目及检验结论:

共 20 页 第 2 页

序号	检验项目	规定值	测量值	检验结论	页码
		标准 (技术协议)			
1	外观检查和尺寸检验 (逐个试验)	不允许有影响套管正常运行的缺陷; 规定爬电比距: $\geq 25\text{mm/kV}$ 总爬电距离: $\geq 3150\text{mm}$ 油侧净绝缘长度: $\geq 550\text{mm}$	无影响套管正常运行的缺陷; 规定爬电比距: 29.3mm/kV 总爬电距离: 3690mm 油侧净绝缘长度: 550mm	合格	5
2	介质损耗因数和电容量测量 (逐个试验)	$1.05U_m/\sqrt{3} (76\text{kV}) \leq 0.5\%$; 电压从 $1.05U_m/\sqrt{3} (76\text{kV})$ 升到 $U_m(126\text{kV})$: $\Delta \tan \delta \leq 0.1\%$	$1.05U_m/\sqrt{3} (76\text{kV})$: $\tan \delta = 0.351\%$ 从 $1.05U_m/\sqrt{3} (76\text{kV})$ 升到 $U_m(126\text{kV})$: $\Delta \tan \delta < 0.1\%$ 电容量: 336.3pF	合格	5
3	工频干耐受电压试验 (逐个试验)	干耐受电压: 255kV , 持续 60s	干耐受电压: 255kV , 持续 60s	合格	5
4	局部放电量的测量 (逐个试验)	$U_m (126\text{kV})$: $\leq 20\text{pC}$; $1.5U_m/\sqrt{3} (109\text{kV})$: $\leq 20\text{pC}$ $1.05U_m/\sqrt{3} (76\text{kV})$: $\leq 10\text{pC}$	$U_m (126\text{kV})$: 16pC $1.5U_m/\sqrt{3} (109\text{kV})$: 16pC $1.05U_m/\sqrt{3} (76\text{kV})$: 8pC	合格	5
5	抽头绝缘试验 (逐个试验)	工频干耐受电压试验: 2kV , 持续 60s。 介质损耗因数 $\tan \delta$: $\leq 5\%$ 对地电容 $< 10000\text{pF}$	2kV , 持续 60s $\tan \delta = 1.21\%$ 电容量: 400.9pF	合格	5
6	法兰上的密封试验 (逐个试验)	施加压力: $0.15 \pm 0.01\text{MPa}$ (表压) 持续时间: 15min 无泄漏	施加压力: 0.15MPa (表压) 持续时间: 15min 无泄漏	合格	6
7	雷电冲击干耐受电压试验 (型式试验)	干耐受电压 (kV): 全波: ± 550 , 各 15 次 截波: -605 , 5 次	全波: $+545.02 \sim +554.25$, 15 次 $-549.47 \sim -553.71$, 15 次 截波: $-600.68 \sim -601.80$, 5 次	合格	6
8	电磁兼容试验 (型式试验)	$1.1U_m/\sqrt{3}$: 80kV , 无线电干扰水平 $\leq 500\mu\text{V}$	$1.1U_m/\sqrt{3}$: 80kV 无线电干扰水平: $211\mu\text{V}$	合格	12
9	工频湿耐受电压试验 (型式试验)	湿耐受电压 (kV): 230 持续: 60s; 频率: 50Hz	湿耐受电压 (kV): 230 持续: 60s; 频率: 50Hz	合格	13

电力工业电力设备及仪表质量检验检测中心

检 验 报 告

报告编号: 2012055

检验项目及检验结论:

共 20 页 第 3 页

序号	检验项目	规定值	测量值	检验结论	页码
		标准 (技术协议)			
10	温升试验 (型式试验)	在额定电流 630A 下: 1) 油中镀锡螺栓接触: 最高温升 75K, 最高温度 105℃ 2) 镀锡的靠螺紋或螺栓 连接到外部导体的端子: 最高温升 75K, 最高温度 105℃	在额定电流 630A 下: 1) 油中镀锡螺栓接触: 最高温升 68.7K, 最高温度 99.3℃; 2) 镀锡的靠螺紋或螺栓 连接到外部导体的端子: 最高温升 10.4K, 最高温度 41.0℃	合格	13
11	悬臂负荷耐受试验 (型式试验)	1250N 负荷垂直于套管轴 线施加载到端子的中点, 并持 续 60s。	1250N 负荷垂直于套管轴 线施加载到端子的中点, 持 续 60s。	合格	14
12	热短时电流耐受 试验 (型式试验)	$I_{th}=15.75\text{kA}$ 时 导体最终计算温度: $\leq 180^\circ\text{C}$	$I_{th}=15.75\text{kA}$ 时 导体最终计算温度: 115.4℃	合格	14
13	介质损耗因数和 电容量测量 (型式试验后逐 个试验)	$1.05U_m/\sqrt{3}$ (76kV) $\leq 0.5\%$; 电压从 $1.05U_m/\sqrt{3}$ (76kV) 升到 U_m (126 kV): $\Delta \tan \delta \leq 0.1\%$	$1.05U_m/\sqrt{3}$ (76kV): $\tan \delta = 0.348\%$ 从 $1.05U_m/\sqrt{3}$ (76kV) 升 到 U_m (126kV): $\Delta \tan \delta < 0.1\%$ 电容量: 338.5pF	合格	17
14	工频干耐受电压 试验 (型式试验后 逐个试验)	干耐受电压: 255kV, 持续 60s	干耐受电压: 255 kV, 持续 60s	合格	17
15	局部放电量的测 量 (型式试验后逐 个试验)	U_m (126kV): ≤ 20 pC; $1.5U_m/\sqrt{3}$ (109kV): ≤ 20 pC $1.05U_m/\sqrt{3}$ (76kV): ≤ 10 pC	U_m (126kV): 18 pC $1.5U_m/\sqrt{3}$ (109kV): 18 pC $1.05U_m/\sqrt{3}$ (76kV): 8 pC	合格	18
16	抽头绝缘试验 (型式试验后逐 个试验)	工频干耐受电压试验: 2kV, 持续 60s。介质损耗 因数 $\tan \delta$: $\leq 5\%$ 对地电容 < 10000 pF	2kV, 持续 60s $\tan \delta = 1.21\%$ 电容量: 400.9pF	合格	18
17	法兰上的密封试 验 (型式试验后逐 个试验))	施加压力: $0.15 \pm 0.01\text{MPa}$ (表压) 持续时间: 15min 无泄漏	施加压力: 0.15MPa (表压) 持续时间: 15min 无泄漏	合格	18

审核人(签字): 李马忠 主检人(签字): 杨浩 编制人(签字): 刘智刚

1 试品规格

产品名称: 玻璃纤维干式变压器套管

产品型号: FBRG-126/630

设备最高电压 (U_m): 126 kV

额定电流: 630 A

额定频率: 50Hz

绝缘水平: 550/255 kV

2 检验项目及结果

2.1 外观检查和尺寸检验 (逐个试验)

试验套管无影响套管正常运行的表面缺陷; 总爬电距离: 3690mm; 油中净绝缘长度为: 550mm; 爬电比距为 29.3mm/kV; 其它装配部位及有关连接部件尺寸均符合图纸要求。

2.2 介质损耗因数及电容量测量 (逐个试验)

大气压力: 100.5kPa; 相对湿度: 28.0%; 环境温度: 33.0℃

施加电压		实测结果	
倍数	电压 (kV)	介质损耗因数 (%)	电容量 (pF)
-	10	0.350	336.3
$1.05 U_m / \sqrt{3}$	76	0.351	336.3
$U_1 = U_m$	126	0.351	336.3

2.3 工频干耐受电压试验 (逐个试验)

大气压力: 100.6kPa; 相对湿度: 50.0%; 环境温度: 33.0℃

U (kV)	持续时间	频率	结果
255	60s	50Hz	通过

2.4 局部放电量的测量 (逐个试验)

施加电压		局部放电量 (pC)
倍数	电压 (kV)	
$U_1 = U_m$	126	16
$U_2 = 1.5 U_m / \sqrt{3}$	109	16
$1.05 U_m / \sqrt{3}$	76	8
局部放电背景噪声: 4pC		

2.5 抽头绝缘试验 (逐个试验)

2.5.1 试验抽头工频耐受电压试验

大气压力: 100.5kPa; 相对湿度: 28.0%; 环境温度: 33.0℃

U (kV)	持续时间	频率	结果
2	60s	50Hz	通过

2.5.2 试验抽头对地介质损耗因数及电容量测量

大气压力: 100.5kPa; 相对湿度: 28.0%; 环境温度: 33.0℃

施加电压 (kV)	实测结果	
	介质损耗因数 (%)	电容量 (pF)
2	1.21	400.9

2.6 法兰上的密封试验 (逐个试验)

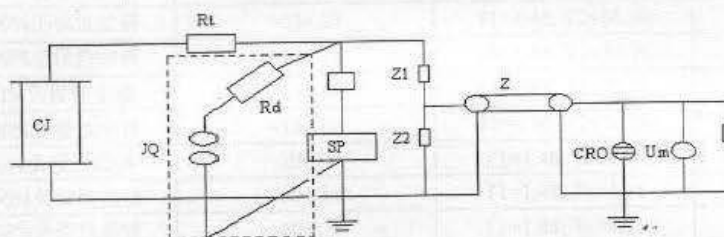
对试品安装油箱施加 0.15MPa (表压) 的氮气压力, 维持 15min, 试品各密封面无任何泄漏现象, 试验通过。

2.7 雷电冲击干耐受电压试验 (型式试验)

2.7.1 试验条件

大气压力: 100.6kPa; 相对湿度: 50.0%; 环境温度: 31.0℃。

2.7.2 试验回路原理图



CJ: 冲击电压发生器; JQ: 截断间隙; SP: 试品; Rt: 调波电阻;

Rd: 阻尼电阻; Z1,Z2: 分压器阻抗; Z: 高频传输电缆; r: 匹配电阻;

CRO: 高压数字记忆示波器; Um: 峰值电压表。

图1 雷电冲击试验接线图

2.7.3 试验项目及试验电压

额定耐受电压(kV)	
全波 (峰值)	截波 (峰值)
±550	-605

2.7.4 试验程序

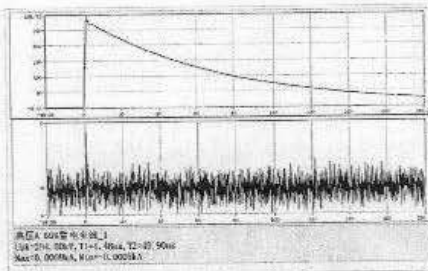
- 1 次降低电压的正极性全波雷电冲击; 15 次额定电压的正极性全波雷电冲击;
- 1 次降低电压的负极性全波雷电冲击; 1 次额定电压的负极性全波雷电冲击;
- 1 次降低电压的负极性截波雷电冲击; 5 次额定电压的负极性截波雷电冲击;
- 14 次额定电压的负极性全波雷电冲击。

2.7.5 试验电压参数及波形

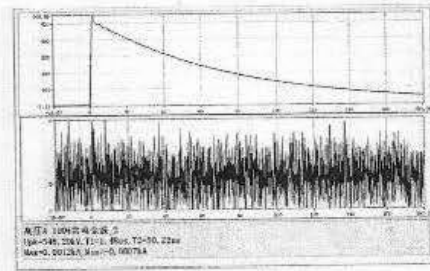
试验类型	试验电压(kV)	试验波形(μ s)	图号
50%正极性全波	+294.60	T1=1.48; T2=49.90	1
100%正极性全波	+548.20	T1=1.48; T2=50.22	2
100%正极性全波	+553.92	T1=1.49; T2=50.26	3
100%正极性全波	+551.72	T1=1.49; T2=50.22	4
100%正极性全波	+554.09	T1=1.48; T2=50.22	5
100%正极性全波	+550.09	T1=1.48; T2=50.30	6
100%正极性全波	+552.77	T1=1.48; T2=50.30	7
100%正极性全波	+552.28	T1=1.48; T2=50.26	8
100%正极性全波	+545.05	T1=1.48; T2=50.26	9
100%正极性全波	+547.26	T1=1.48; T2=50.26	10
100%正极性全波	+545.12	T1=1.48; T2=50.17	11
100%正极性全波	+546.73	T1=1.48; T2=50.28	12
100%正极性全波	+552.74	T1=1.48; T2=50.31	13
100%正极性全波	+545.71	T1=1.48; T2=50.33	14
100%正极性全波	+554.25	T1=1.48; T2=50.30	15
100%正极性全波	+548.22	T1=1.48; T2=50.34	16
50%负极性全波	-272.37	T1=1.48; T2=50.03	17
100%负极性全波	-552.12	T1=1.48; T2=50.38	18
50%负极性截波	-296.99	T1=1.48; Tc=4.86	19
100%负极性截波	-601.54	T1=1.48; Tc=4.24	20
100%负极性截波	-601.20	T1=1.48; Tc=4.35	21
100%负极性截波	-600.68	T1=1.48; Tc=4.24	22
100%负极性截波	-601.29	T1=1.48; Tc=4.13	23
100%负极性截波	-601.80	T1=1.48; Tc=4.18	24
100%负极性全波	-553.07	T1=1.48; T2=50.39	25
100%负极性全波	-553.12	T1=1.48; T2=50.39	26
100%负极性全波	-552.37	T1=1.48; T2=50.50	27
100%负极性全波	-549.47	T1=1.48; T2=50.41	28
100%负极性全波	-553.24	T1=1.48; T2=50.44	29
100%负极性全波	-551.84	T1=1.48; T2=50.43	30
100%负极性全波	-551.69	T1=1.48; T2=50.53	31
100%负极性全波	-551.87	T1=1.48; T2=50.51	32
100%负极性全波	-552.00	T1=1.48; T2=50.47	33
100%负极性全波	-553.71	T1=1.48; T2=50.46	34
100%负极性全波	-549.65	T1=1.48; T2=50.47	35
100%负极性全波	-552.04	T1=1.48; T2=50.44	36
100%负极性全波	-551.68	T1=1.48; T2=50.43	37
100%负极性全波	-552.04	T1=1.48; T2=50.44	38

试验波形:

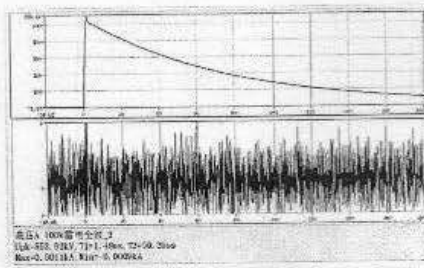
№1 50%全波



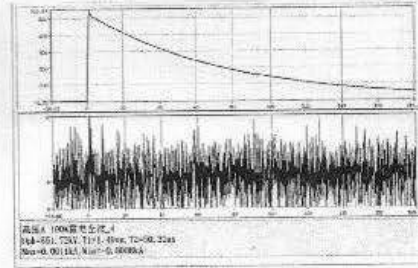
№2 100%全波



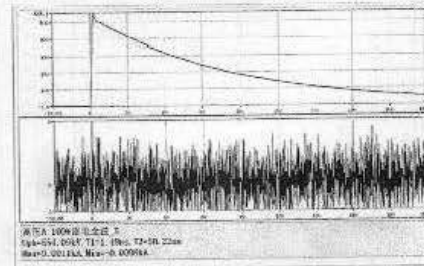
№3 100%全波



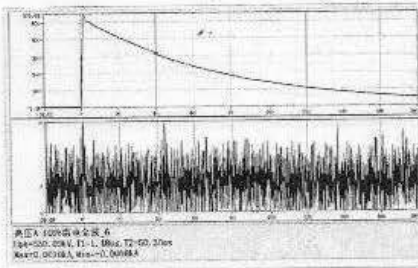
№4 100%全波



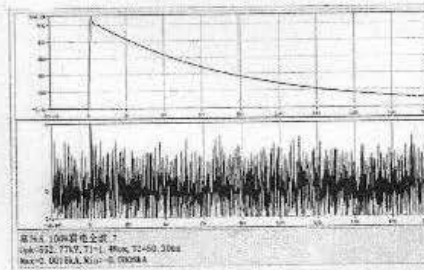
№5 100%全波



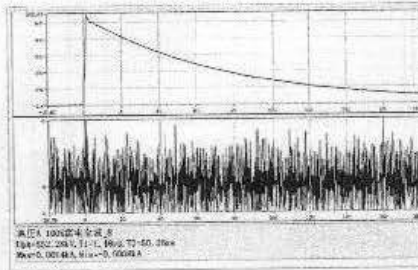
№6 100%全波



№7 100%全波

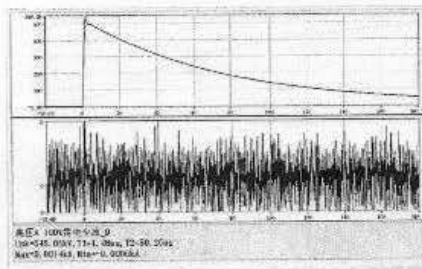


№8 100%全波

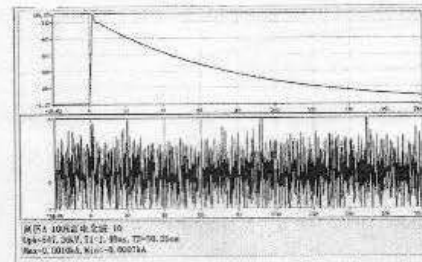


试验波形:

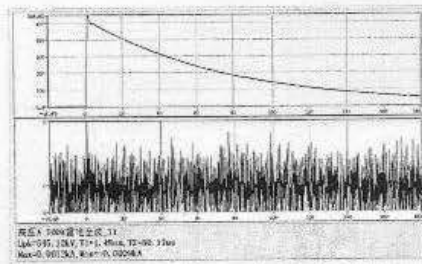
№9 100%全波



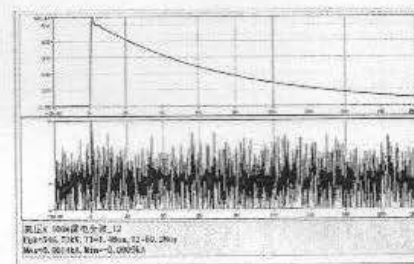
№10 100%全波



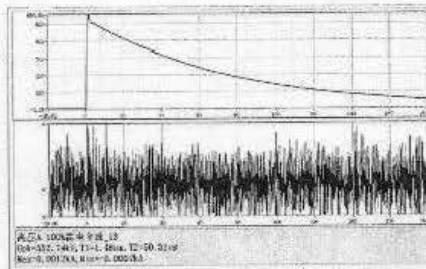
№11 100%全波



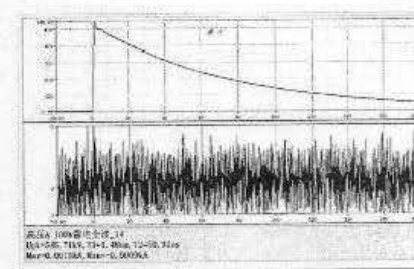
№12 100%全波



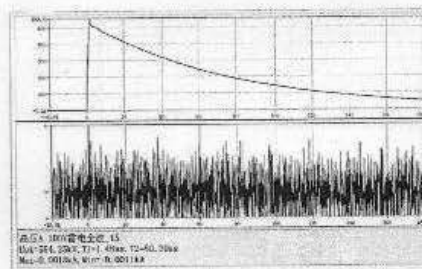
№13 100%全波



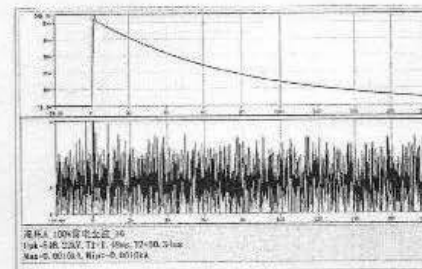
№14 100%全波



№15 100%全波

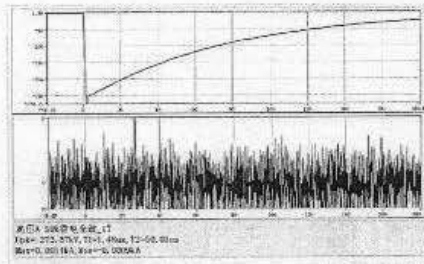


№16 100%全波

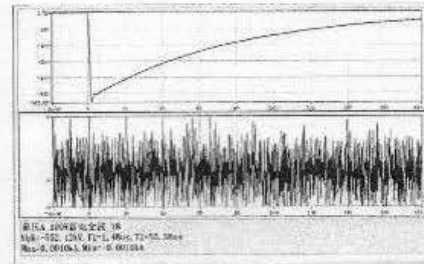


试验波形:

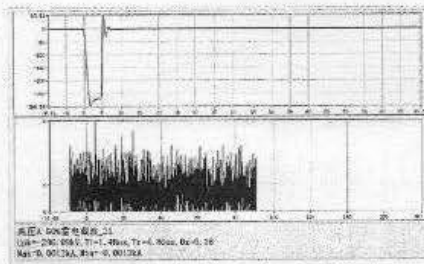
№17 50%全波



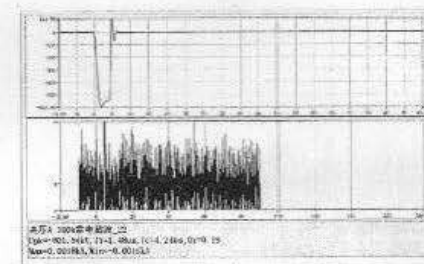
№18 100%全波



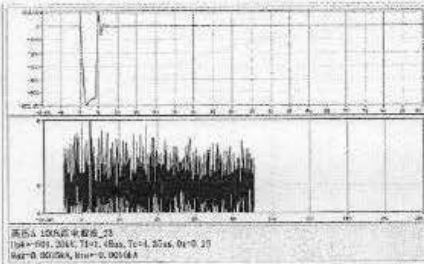
№19 50%截波



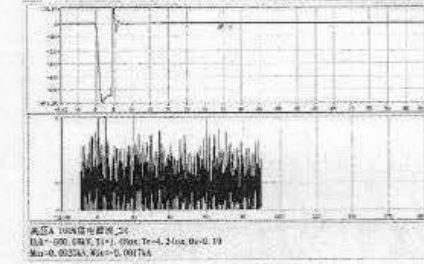
№20 100%截波



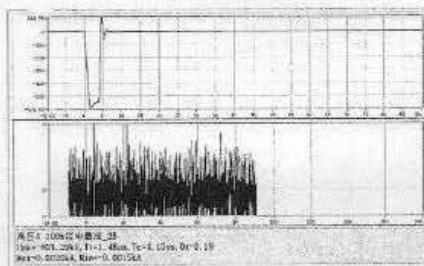
№21 100%截波



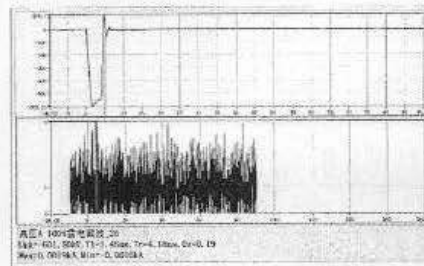
№22 100%截波



№23 100%截波

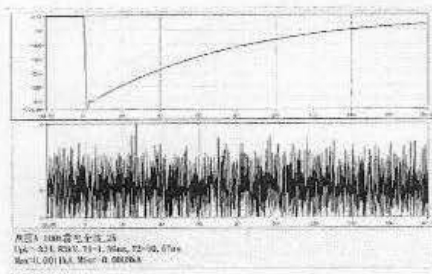


№24 100%截波

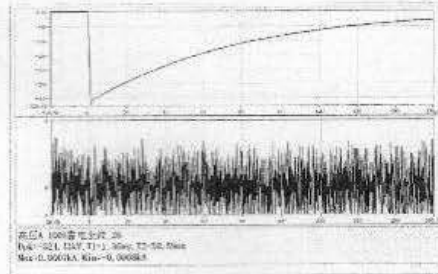


试验波形:

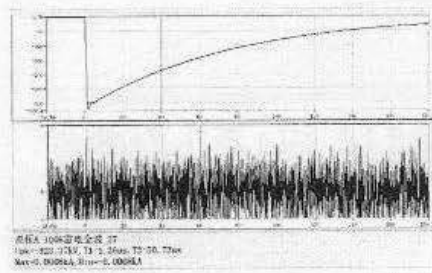
№25 100%全波



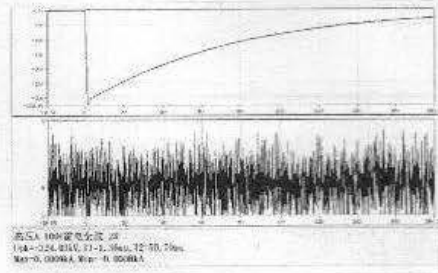
№26 100%全波



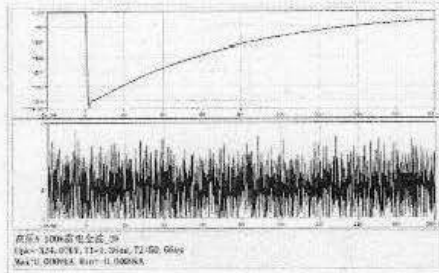
№27 100%全波



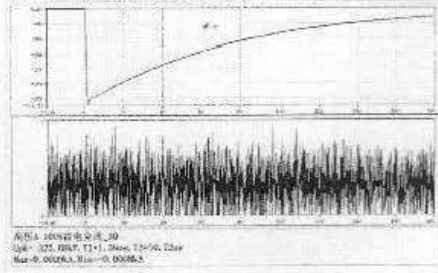
№28 100%全波



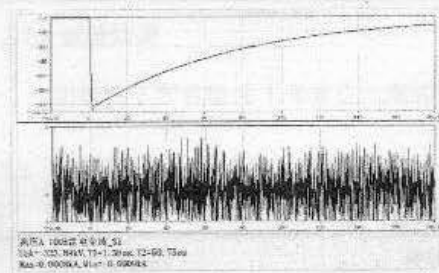
№29 100%全波



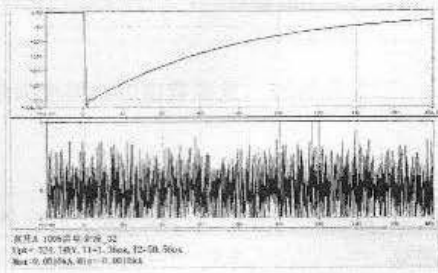
№30 100%全波



№31 100%全波

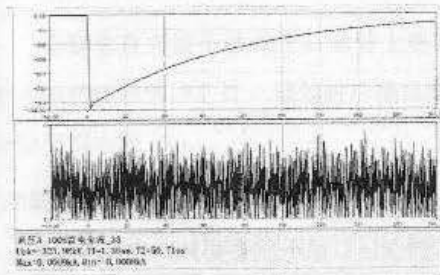


№32 100%全波

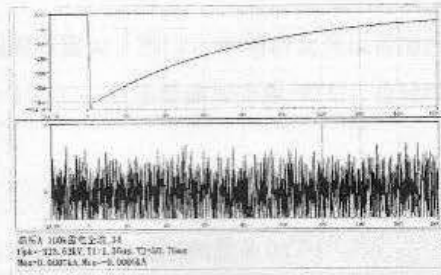


试验波形:

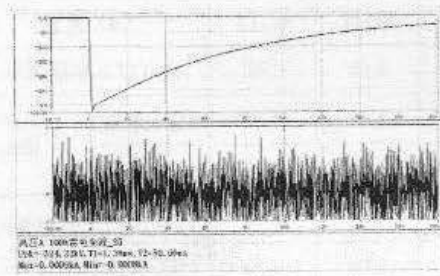
№33 100%全波



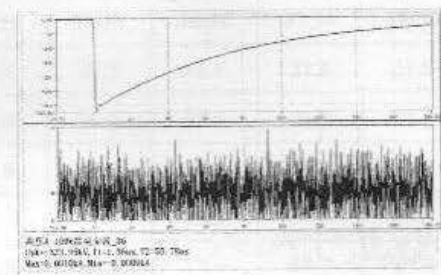
№34 100%全波



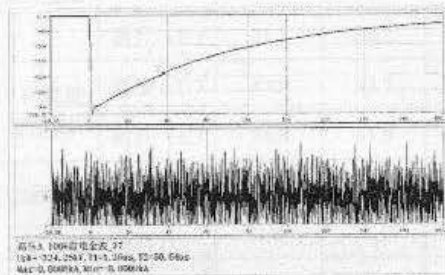
№35 100%全波



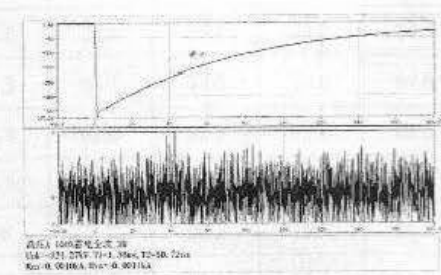
№36 100%全波



№37 100%全波



№38 100%全波



2.7.6 试验结果

正极性下和负极性下套管空气端和内部端无闪络和击穿现象, 试验通过。

2.8 工频湿耐受电压试验 (型式试验)

大气压力: 100.6kPa; 相对湿度: 29.0%; 环境温度: 33.0℃

U (kV)	持续时间	频率	结果
140	60s	50Hz	通过

2.9 温升试验 (型式试验)

2.9.1 试验方法和要求

套管垂直安装于油箱上, 套管上热电偶的布置如下图 2。油箱内充变压器油, 油面至接近套管法兰处; 试验时环境温度为 31.5℃, 变压器油加热至 92℃; 检验时施加交流电流 630A。

2.9.2 试验测量结果

1h 期间的温度变化不超过 $\pm 1\text{K}$ 时, 各个测量点的温度测量值如下:

负荷电流 (A)		施加电流 630A						
时间 (h)		12:30	13:30	14:30	15:30	16:30	17:30	18:30
环境温度 (℃) 9#		30.2	30.8	31.4	31.5	31.7	31.8	31.8
油温 1#	温度 (℃)	85.5	90.4	92.0	92.0	92.0	92.0	92.0
	温升 (K)	55.3	59.6	60.6	60.5	60.3	60.2	60.2
下接线端子 2#	温度 (℃)	91.7	98.6	101.2	99.9	99.6	99.5	99.2
	温升 (K)	61.5	67.8	69.8	68.4	67.9	67.7	67.4
下均压球 3#	温度 (℃)	52.0	53.0	54.0	56.7	56.5	56.0	56.3
	温升 (K)	21.8	22.2	22.6	25.2	24.8	24.2	24.5
下环氧绝缘筒 4#	温度 (℃)	87.0	92.7	94.2	94.1	94.0	94.0	94.0
	温升 (K)	56.8	61.9	62.8	62.6	62.3	62.2	62.2
上接线端子 5#	温度 (℃)	32.0	35.2	36.0	37.0	42.0	42.0	42.0
	温升 (K)	1.8	4.4	4.6	5.5	10.3	10.2	10.2
上盖板 6#	温度 (℃)	33.5	50.8	55.3	55.3	55.6	55.6	55.5
	温升 (K)	3.3	20.0	23.9	23.8	23.9	23.8	23.7
上金属件与环氧筒结合处 7#	温度 (℃)	37.5	46.2	50.7	50.8	51.4	51.6	51.1
	温升 (K)	7.3	15.4	19.3	19.3	19.7	19.8	19.3
中间法兰 8#	温度 (℃)	35.2	43.3	47.3	48.1	48.2	48.5	48.2
	温升 (K)	6.2	14.4	17.3	18.4	18.7	19.2	19.3

2.9.3 温升试验热电偶埋设位置图

注: 1-油温

2-下接线端子

3-下均压球

4-下环氧绝缘筒

5-上接线端子

6-上盖板

7-上金属件与环氧绝缘筒接合处

8-中间法兰

9-环境温度

空气中检验电缆测温点距上端子排: 1000mm

油中检验电缆测温点距上端子排位: 1000mm

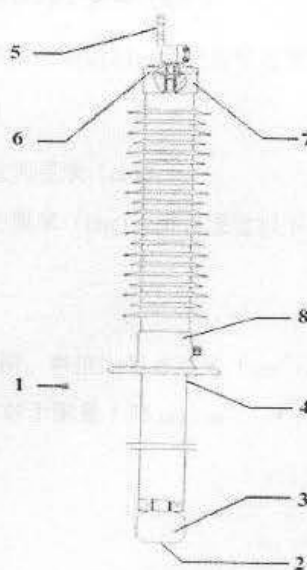


图2 温升试验热电偶埋设位置图

2.10 悬臂负荷耐受试验 (型式试验)

将套管按运行状态安装固定后, 对其上部端子垂直施加 1000N 负荷, 维持 60s, 经检验套管无损坏, 试品各密封面无任何泄漏现象, 检验通过。

2.11 热短时耐受电流试验 (型式试验)

2.11.1 试验计算方法

用以下计算验证套管耐受 I_{th} 标准值的能力, 见下式:

$$\theta_f = \theta_0 + \alpha \cdot \frac{I_{th}^2}{S_f \cdot S_e} \cdot t_{th}$$

式中:

I_r 额定电流, 单位安培 (A);

θ_f 导体的最终温度, 单位为摄氏度 (°C);

θ_0 在环境温度 40°C 下载流 I_r 连续运行时导体的温度, 单位为摄氏度 (°C);

α 对于铜是 $0.8(K/s)/(kA/cm^2)^2$

t_{th} 规定的额定持续时间, 单位为秒 (s);

I_{th} 上述规定的标准值, 单位为千安培 (kA);

S_e 考虑了集肤效应的等效横截面面积, 单位为平方厘米 (cm²), 可以通过以下公式

计算: $S_e = \pi \cdot d \cdot (De - d)$

De 导体的截面外径, 单位为厘米 (cm);

d 电流渗入深度, 单位为厘米 (cm), 可以通过以下公式计算:

$$d = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{\rho \cdot 10^3}{f}}$$

S_f 相应于 I_r 的总横截面面积, 单位为平方厘米 (cm²)。

ρ_{20} 20°C 下的导体电阻率, 对于铜是 $1.75 \mu\Omega \cdot cm$

2.11.2 计算结果

θ_0	α	ρ_{20}	De	f	Ir	I_{sk}
$^{\circ}\text{C}$	$(\text{K/s})/(\text{kA/cm}^2)^2$	$\mu\Omega \cdot \text{cm}$	cm	Hz	A	s
107.4	0.8	1.75	3.192	50	630	2

d	ρ_{160}	St	Se	I_{sk}	θ_r
cm	$\mu\Omega \cdot \text{cm}$	cm^2	cm^2	kA	$^{\circ}\text{C}$
1.157	2.64	8	7.393	15.75	114.1

2.12 介质损耗因数和电容量测量 (型式试验后逐个试验)

大气压力: 100.6kPa; 相对湿度: 35.0%; 环境温度: 32.0℃

施加电压		实测结果	
倍数	电压 (kV)	介质损耗因数 (%)	电容量 (pF)
-	10	0.344	326.3
$1.05 U_m / \sqrt{3}$	44	0.347	326.6
$U_i = U_m$	72.5	0.348	326.6

2.13 工频干耐受电压试验 (型式试验后逐个试验)

大气压力: 100.6kPa; 相对湿度: 38.0%; 环境温度: 32.0℃

U (kV)	持续时间	频率	结果
155	60s	50Hz	通过

2.14 局部放电量的测量 (型式试验后逐个试验)

施加电压		局部放电量 (pC)
倍数	电压 (kV)	
$U_1=U_m$	72.5	18
$U_2=1.5 U_m / \sqrt{3}$	63	18
$1.05 U_m / \sqrt{3}$	44	8
局部放电背景噪声: 4pC		

2.15 抽头绝缘试验 (型式试验后逐个试验)

2.15.1 试验抽头工频耐受电压试验

大气压力: 100.6kPa; 相对湿度: 37.0%; 环境温度: 31.0℃

U (kV)	持续时间	频率	结果
2	60s	50Hz	通过

2.15.2 试验抽头对地介质损耗因数及电容量测量

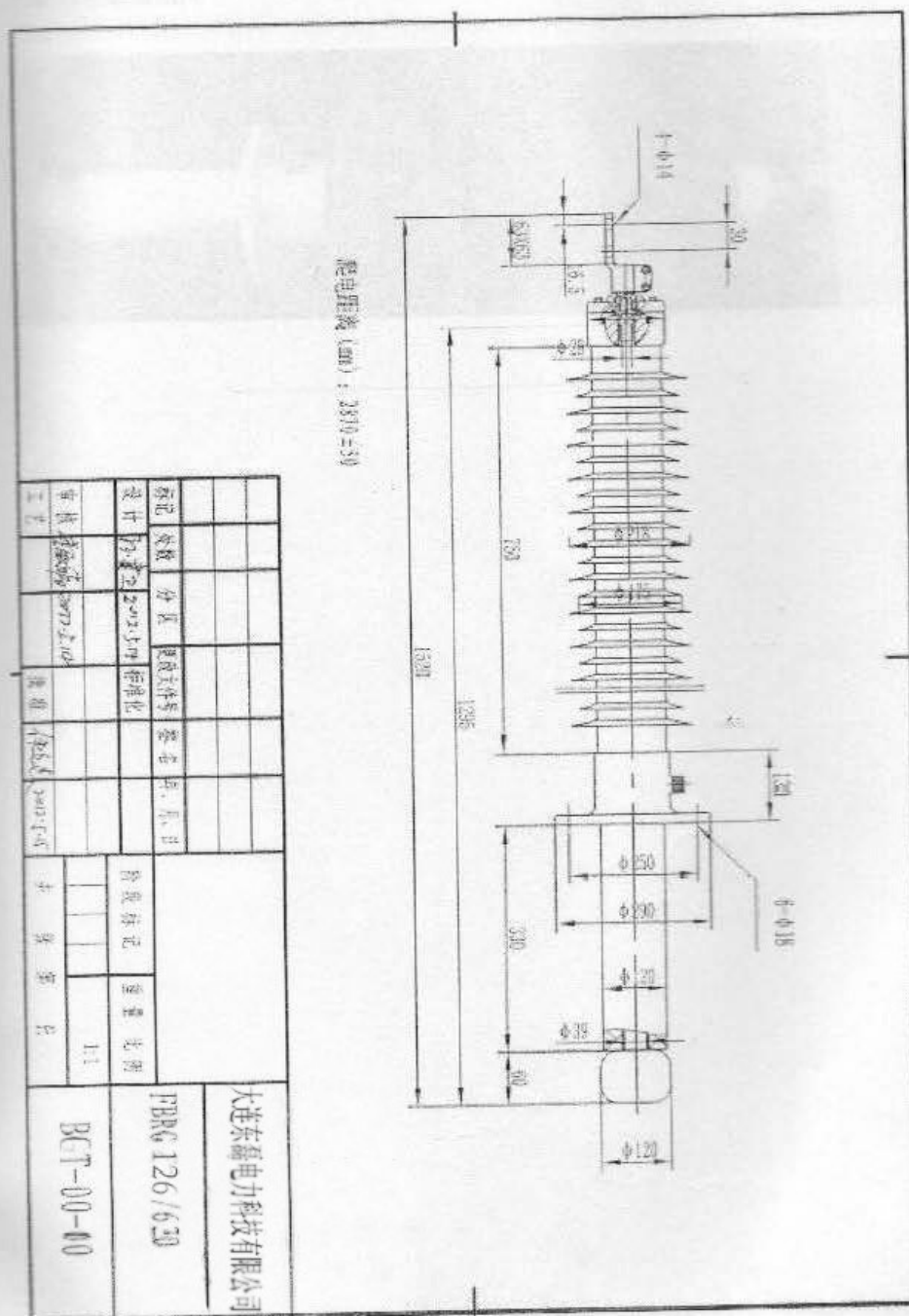
大气压力: 100.4kPa; 相对湿度: 35.0%; 环境温度: 31.0℃

施加电压 (kV)	实测结果	
	介质损耗因数 (%)	电容量 (pF)
2	1.27	320.8

2.16 法兰上的密封试验 (型式试验后逐个试验)

对试品安装油箱施加 0.15MPa (表压) 的氮气压力, 维持 15min, 试品各密封面无任何泄漏现象, 试验通过。

附圖 1: 試品外形尺寸圖



附图 2: 试品照片

