



国家电网
STATE GRID

江苏省电力试验研究院有限公司
JIANGSU ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE CORPORATION LIMITED

任务编号：DS-SB-2022-0001

文件编号：DS-SB-2022-0001-01

白鹤滩-江苏特高压直流工程虞城（姑苏） 换流站换流变压器频率响应、网侧绕组中性 点外施交流耐压、带有局部放电测量的感应 电压试验方案

江苏省电力试验研究院有限公司



任务编号：DS-SB-2022-0001
文件编号：DS-SB-2022-0001-01

审批：

董强

2022-01-13 16:33:39

审核：

杨景刚

2022-01-13 16:14:25

审阅：

吴鹏

2022-01-13 13:57:08

编制：

王胜权

2022-01-13 10:02:00

目 录

1 试验目的.....	1
2 试品信息.....	1
3 引用标准.....	1
4 频率响应测量试验.....	2
5 网侧绕组中性点外施交流耐压试验.....	4
6 带有局部放电测量的感应电压试验方案.....	6
7 危险源及环境因素分析.....	16
8 组织分工.....	17
附表 1 试验开始条件确认卡.....	18
附表 2 试验过程确认卡.....	19
附表 3 试验结束确认卡.....	20
附表 4 试验数据记录表.....	21

1 试验目的

为检查特高压换流变压器在长途运输和现场安装后的性能质量，特对其开展频率响应测量试验、网侧绕组中性点外施交流耐压试验、带有局部放电测量的感应电压试验以确保换流变压器相关性能指标满足订货合同及有关标准要求，能可靠投入运行。

2 试品信息

被试换流变压器主要技术参数如表 1、表 2、表 3 所示。

表 1 姑苏换流站换流变压器主要技术参数（高端 YD 型）

设备厂家	重庆 ABB 变压器有限公司、山东电力设备有限公司
型号	ZZDFPZ-380400/500
网侧额定电压/kV	510/ $\sqrt{3}$ (+18, -6) *1.25%
阀侧额定电压/kV	161.41
额定容量/MVA	380.4
联结方式	三相 Y-D 连接
短路阻抗-额定分接	18.30%

表 2 姑苏换流站换流变压器主要技术参数（高端 YY 型）

设备厂家	重庆 ABB 变压器有限公司、山东电力设备有限公司
型号	ZZDFPZ-380400/500
网侧额定电压/kV	510/ $\sqrt{3}$ (+18, -6) *1.25%
阀侧额定电压/kV	161.41/ $\sqrt{3}$
额定容量/MVA	380.4
联结方式	三相 Y-Y 连接
短路阻抗-额定分接	18.30%

表 3 姑苏换流站换流变压器主要技术参数（低端 YD 型）

设备厂家	西安西电变压器有限责任公司
型号	ZRDFPZ-375000/500
网侧额定电压/kV	510/ $\sqrt{3}$ (+24, -6) *1.25%
阀侧额定电压/kV	182.6
额定容量/MVA	375
联结方式	三相 Y-D 连接
短路阻抗-额定分接	15.61%

3 引用标准

(1) GB 50150—2016《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》

(2) GB 1094.3—2017《电力变压器 第3部分 绝缘水平、绝缘试验和外绝缘空气间隙》

(3) DL 417—2019《电力设备局部放电现场测量导则》

(4) DL/T 911—2016《电力变压器频率响应的频率响应分析法》

(5) DL/T 274—2012《±800kV 高压直流设备交接试验》

4 频率响应测量试验

4.1 试验条件

- (1) 空气温度不低于 5℃、相对湿度不大于 80%，风力不大于 5 级；
- (2) 被试变压器的全部常规试验（包括绝缘油试验）结果合格；
- (3) 现场具备 220V 交流电源；
- (4) 被试变压器外壳、铁心以及周围金属悬浮体可靠接地；
- (5) 配合单位负责将被试品瓷瓶表面擦净；
- (6) 登高车及操作人员就位；
- (7) 频率响应测量试验应在局放试验后开展，如在局放试验前进行，需对变压器进行绕组去磁。

4.2 试验设备

表 4 主要试验设备信息一览表

序号	设备名称	主要技术参数	校验有效期	单位	数量
1	MEGGER 频率响应测试仪	频率范围： 0.1Hz-25MHz FRA 方法：扫频 准确度：在-100dB 时，准确度为± 0.5dB	2023.12.16	台	1

4.3 试验内容及接线

被试换流变压器频率响应测量试验包括网侧绕组和阀侧绕组频率响应测量试验，具体试验内容及接线如表 5 所示。

表 5 被试变压器频率响应测量试验内容及接线一览表

序号	试验内容	输入端	测量端	其余端子
1	换流变网侧绕组试验	X	A	x、a 端悬空
2	换流变阀侧绕组试验	x	a	X、A 端悬空
注：试验时，网侧绕组置于 N 分接进行测量。				

4.3.1 网侧绕组试验

对网侧绕组进行频率响应测量试验时，网侧 X 端输入，网侧 A 端测量，阀

侧 x、a 端悬空，试验接线如图 1 所示。

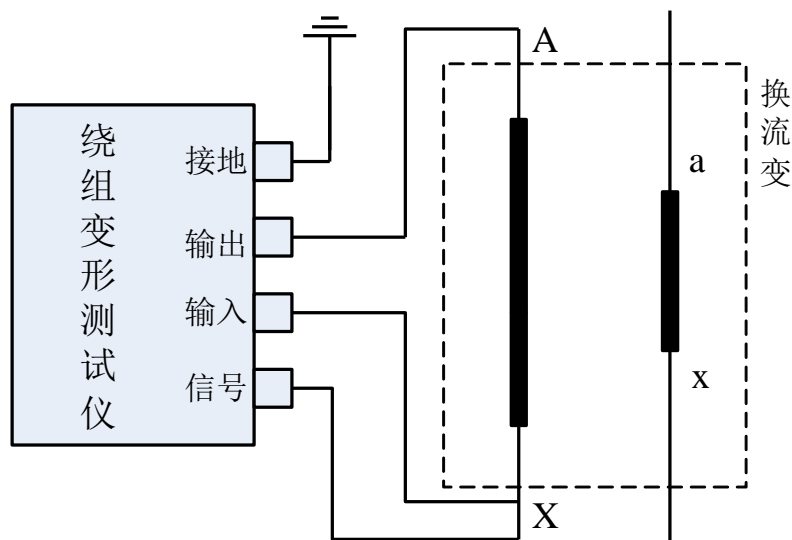


图 1 网侧绕组试验接线原理图

4.3.2 阀侧绕组频响试验

对阀侧绕组进行频率响应测量试验时，阀侧 x 端输入，阀侧 a 端测量，网侧 X、A 端悬空，试验接线如图 2 所示。

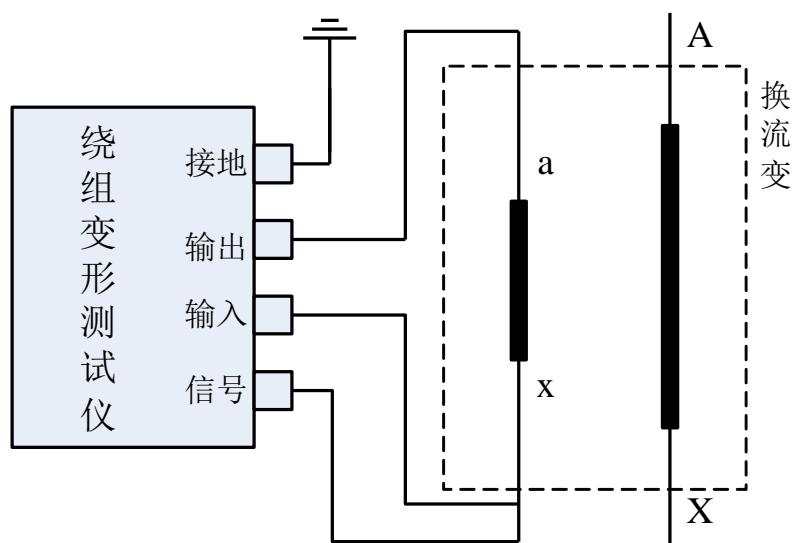


图 2 阀侧绕组试验接线原理图

4.4 试验步骤

(1) 按照图 1 连接好测量接线回路，输入单元和检测单元的 GND 端应与变压器铁心接地位置可靠连接；

(2) 依次启动计算机和主机，运行 FRAX 101 程序组中的相关程序，进入变压器频率响应测试界面；

(3) 设置扫频测量范围为 1-1000kHz，鼠标点击[测量]按钮，启动扫频测量，观察扫频测量的进度及扫频参数设置等信息；

(4) 扫频测量完成后，系统将会弹出对话提示框，输入变压器名称、编号、挡位、型号、以及本次测量的激励端和响应端名称；

(5) 完成绕组的频率响应测量以后，用鼠标点击[分析]按钮依次调出该变压器的测量数据进行分析；

(6) 对测量结果进行纵向比较和横向比较；

(7) 对测量结果进行存盘或打印作为历史资料保存；

(8) 变压器频率响应测量结束，拆除试验接线；

(9) 对试验规定的绕组，按照步骤（1）～（8）进行试验。

4.5 判断依据

现场试验结果与出厂试验结果无明显变化、三相之间试验结果对比无明显差异，则认为绕组频率响应特性试验通过。

5 网侧绕组中性点外施交流耐压试验

5.1 试验条件

(1) 空气温度不低于 5℃、相对湿度不大于 80%，风力不大于 5 级；

(2) 被试变压器全部常规交接试验（包括油样试验）合格；

(3) 变压器真空注油后，静置时间符合制造厂规定。如制造厂无具体规定，换流变静置时间不小于 96 小时；

(4) 试验前，对被试变压器进行充分排气，放出油箱内的残留气体；

(5) 被试变压器外壳及铁心可靠接地；

(6) 试验前应确认主变套管电流互感器二次端子已经短路接地；

(7) 登高高空作业车准备就绪；

(8) 与被试品连接的引线、电气回路断开。

5.2 试验设备

表 6 主要试验设备信息一览表

序号	设备名称	主要技术参数	校验有效期	数量
1	变频电源	HDSR-F-Y6	/	1 套
2	励磁变压器	F-LB6	/	1 台
3	谐振电抗器	F-DK38/38	/	2 节
4	电容分压器	ZGSF-A100	2022 年 7 月	1 节

5.3 试验方法

换流变压器网侧绕组中性点交流耐压试验对网侧绕组中性点进行，试验时网侧绕组线端短接施加电压，阀侧绕组线端短接接地，外壳接地。

换流变压器网侧绕组中性点交流耐压试验的试验接线如图 3 所示。

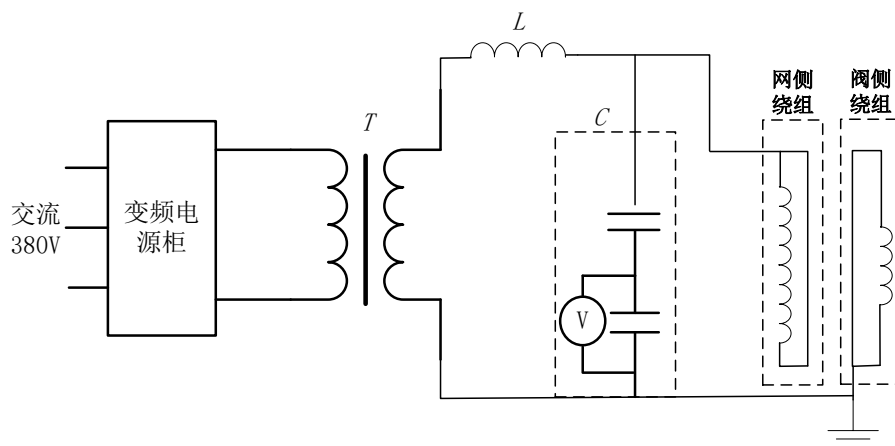


图 3 换流变压器网侧绕组中性点交流耐压试验接线

现场外施交流耐压试验值按照出厂值 80% 进行，试验数值参照下表：

表 7 交流耐压试验电压

试验部位	网侧绕组中性点
出厂试验值	95kV/1min
现场试验值	76kV/1min

加压时间 1min。试验电压值为测量电压的峰值除以 $\sqrt{2}$ ，测量电压时表计应选择“峰值/ $\sqrt{2}$ ”档。

5.4 试验步骤

(1) 将试验设备组装好，不带试品，对试验设备进行通电试验，确认试验设备工作正常。

(2) 试验前，用兆欧表测量加压回路绝缘电阻。

(3) 接上被试变压器，按图 3 中所述加压方法进行高压侧绕组中性点外施交流耐压试验。试验过程中，试验电压应无突然下降，无放电声等异常现象。

(4) 试验结束后，拆除引线，挂地线放电，用兆欧表测量加压回路绝缘电阻。试验结束后 24h，应取油样作色谱分析，耐压试验前后的油色谱分析结果应无明显变化。

5.5 判断依据

在加压过程中，如果没有发生绝缘击穿、外表不闪络、电压无突然下降、没有放电声等现象，且试验前后主变色谱分析结果无明显差别或异常，则认为耐压试验通过。

6 带有局部放电测量的感应电压试验方案

6.1 试验条件

- (1) 空气温度不低于 5℃、相对湿度不大于 80%，风力不大于 5 级；
- (2) 现场提供容量不小于 **630A/380V** 三相电源，距离被试变压器小于 200m；
- (3) 现场无电焊机、搅拌机、切割机、吊车等影响局放测量的作业；
- (4) 变压器所有一次引线及出线避雷器不得安装，若已安装，局放试验前应由安装单位拆除；
- (5) 被试变压器试验用场地平整，周围道路满足试验设备运输及吊装设备通行条件；
- (6) 被试变压器的全部常规试验（包括绝缘油试验）结果合格；
- (7) **被试变压器各侧套管 CT 的二次端子全部短路接地；**
- (8) **被试变压器各侧套管末屏与测量阻抗可靠连接；**
- (9) 被试变压器热油循环后静置时间满足制造厂规定，若制造厂无明确规定，静置时间应大于 96h；
- (10) 被试变压器已充分排气；
- (11) 被试变压器外壳、铁心及周围金属物件均可靠接地；
- (12) 被试变压器套管表面清洁干燥；
- (13) 被试变压器网侧、阀侧套管已加装均压罩，对周围距离足够；
- (14) **网侧套管 5.1 米内、阀侧套管 4.2 米内不得安装除套管、防火墙以外的设备。**
- (15) **高端换流变局放试验过程中，被试换流变区域阀厅内施工人员、阀厅顶部施工人员、阀厅外相邻变压器区域施工人员需撤离。**

6.2 试验设备

试验所用主要仪器设备配置如表 8 所示。

表 8 仪器设备配置表

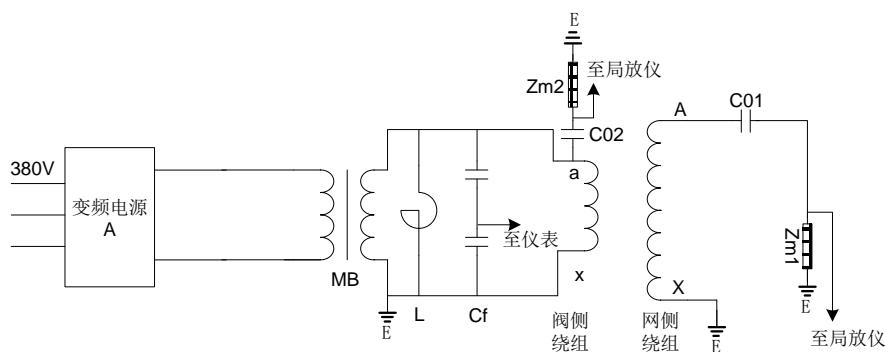
序号	设备名称	主要技术参数	有效期	数量
1	励磁变压器	额定容量：500kVA 输入：300V/350V/400V 输出电压电流：200kV/2.5A	/	2 台
2	补偿电抗器	额定电压：200kV 额定电流：25A 电 感 量：10H	/	4 台
3	补偿电抗器	额定电压：200kV 额定电流：20A 电 感 量：1.5-75H	/	2 台
4	补偿电抗器	额定电压：200kV 额定电流可调范围：1.5~10A 额定电感量：10H~100H 连续可调	/	2 台
4	补偿电抗器	额定电压：200kV 额定电流：12A 电 感 量：22.1H	/	2 台
5	变频电源	额定容量：500kW 额定输入电压：三相 380V 额定输出电压：单相 0-350V 额定输出频率：20~300Hz 功能：滤波、过流保护、漏电保护	/	2 台
6	局放测量系统	（1）局放测试仪： 通道数量：独立 8 通道 上限频率：20~80kHz 下限频率：100~300kHz 扫描频率：具有 50Hz 内扫描和外扫描	2022 年 10 月	1 套
7	电容分压器	测量范围：0~200kV 工作频率：0~300Hz 准确度：≤1.0 级 局部放电量：≤10pC	2022 年 7 月	1 台
8	均压环	网侧：外径 1700mm，内径 650mm。 外径 2600mm，内径 650mm。 阀侧：外径 600mm，内径 350mm。	/	1 套
9	电源线	单根截面积 120mm ² ，每相两根并联使用	/	3×2×500 米
10	紫外仪	OFIL-Superb 波长：240 到 280 纳米（紫外线） 放大倍数：≥10 倍光学 min 紫外光灵敏度：3×10 ⁻¹⁸ watt/cm ² min 放电灵敏度：1.3pC 10 米距离处	/	1 台
11	超声定位系统	SH III 16 通道	/	1 套

12	接地线	载流接地线：带绝缘护套，截面积 25mm ² 其他接地线：带绝缘护套，截面积 4mm ²	/	200 米
13	高压引线	外径 100mm 金属波纹管，内穿截面 16mm ² 绝缘导线	/	200 米
		截面 16mm ² 绝缘导线	/	100 米

6.3 YY 换流变带有局部放电测量的感应电压试验

6.3.1 试验回路

试验采用 500kW 变频电源为试验电源，阀侧绕组单端加压励磁方式，网侧绕组中性点接地的标准接线方式，分相进行。试验时被试换流变中性点及铁心接地，局放测量时信号从网侧、阀侧套管的末屏端子获得，同时监测铁心、夹件处局放，试验接线如图 4 所示。



MB—中间变压器；Cf—分压器；L—补偿电抗器；

C01、C02—套管电容；Zm1、Zm2—检测阻抗

图4 Y-Y型换流变带有局部放电测量的感应电压试验接线图

正式加压前需将励磁变测量绕组输出电压与网侧电容分压器电压进行校准, 确定无误后才能进行正式升压。

6.3.2 试验参数估算

试验时，网侧绕组分接置于 N 分接，被试换流变网侧、阀侧电压比 $kI = (510/\sqrt{3}) / (161.41/\sqrt{3}) = 3.16$ ，根据试验电压和被试换流变的变比，试验时被试换流变各侧的电压值如表 9 所示。

表9 YY换流变局放试验时各侧的电压

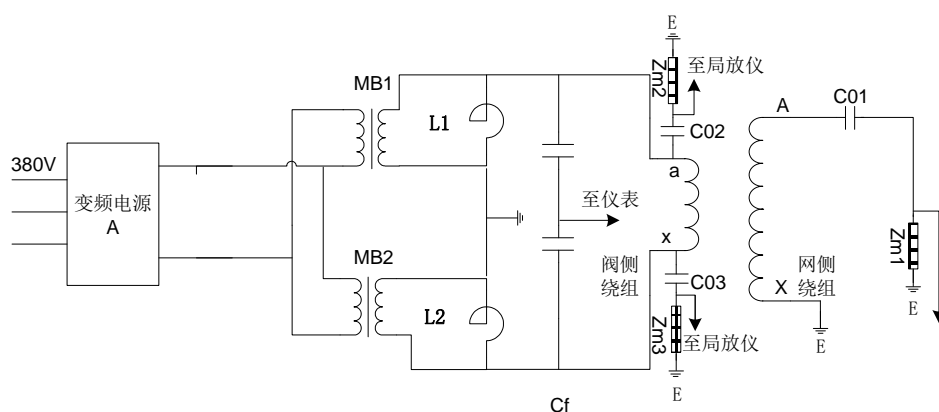
电压	$U_1 = 1.5U_m / \sqrt{3} \quad (\text{kV})$	$U_2 = 1.3U_m / \sqrt{3} \quad (\text{kV})$	$U_3 = 1.1U_m / \sqrt{3} \quad (\text{kV})$
----	---	---	---

名称			
网侧	476	412	349
阀侧	150.6	130.6	110.5

6.4 YD 换流变带有局部放电测量的感应电压试验

6.4.1 试验回路

试验采用 500kW 变频电源并机为试验电源，阀侧绕组采用双边加压励磁方式，分相进行。试验时被试换流变中性点及铁心接地，局放测量时信号从网侧、阀侧套管的末屏端子获得，同时监测铁心、夹件处局放，试验接线如图 5 所示。



MB—中间变压器; Cf—分压器; L1、L2—补偿电抗器;

C01、C02、C03—套管电容; Zm1、Zm2、Zm3—检测阻抗

图5 Y-Δ型换流变带有局部放电测量的感应电压试验接线图

正式加压前需将励磁变测量绕组输出电压与网侧电容分压器电压进行校准, 确定无误后才能进行正式升压。

6.4.2 试验参数估算

试验时，网侧绕组分接置于 N 分接，高端 YD 换流变网侧、阀侧电压比 $k_2 = (510/\sqrt{3}) / (161.41) = 1.82$ ，低端 YD 换流变网侧、阀侧电压比 $k_2 = (510/\sqrt{3}) / (182.6) = 1.61$ ，根据试验电压和被试换流变的变比，试验时被试换流变各侧的电压值如表 10、表 11 所示。

表 10 高端 YD 换流变局放试验时各侧的电压

电压 名称	$U_1 = 1.5U_m / \sqrt{3}$ (kV)	$U_2 = 1.3U_m / \sqrt{3}$ (kV)	$U_3 = 1.1U_m / \sqrt{3}$ (kV)
网侧	476	412	349

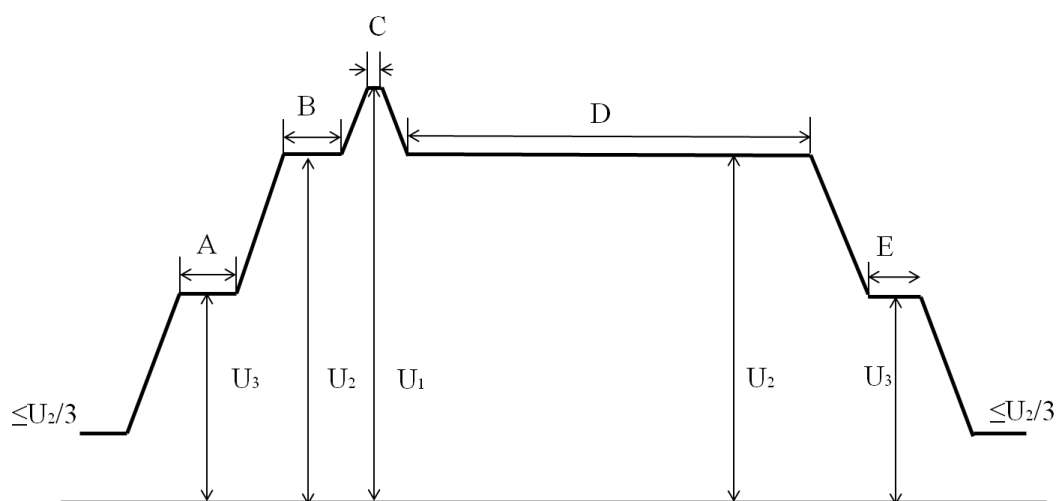
阀侧	261.7	226.8	191.9
单边电压	130.8	113.4	95.9

表 11 低端 YD 换流变局放试验时各侧的电压

电压 名称	$U_1 = 1.5U_m / \sqrt{3}$ (kV)	$U_2 = 1.3U_m / \sqrt{3}$ (kV)	$U_3 = 1.1U_m / \sqrt{3}$ (kV)
网侧	476	412	349
阀侧	295.8	256.4	216.9
单边电压	147.9	128.2	108.4

6.5 试验加压程序

对换流变进行带有局放放电测量的感应电压试验时，施加电压的时间顺序如图 10 所示。



A=5min、B=5min、C=计算时间、D=60min、E=5min；

$$U_1 = 1.5U_m / \sqrt{3}、U_2 = 1.3U_m / \sqrt{3}、U_3 = 1.1U_m / \sqrt{3}$$

图 6 换流变现场局放试验加压程序图

- (1) 在不大于 $U_2/3$ 的电压下接通电源；
- (2) 上升到 $1.1U_m / \sqrt{3}$ (U_3)，保持 5min，记录局部放电量；
- (3) 上升到 $1.3U_m / \sqrt{3}$ (U_2)，保持 5min，记录局部放电量；

(4) 上升到 $1.5U_m/\sqrt{3} (U_1)$ ，持续 $120 \times \frac{\text{额定频率}}{\text{试验频率}} (s)$ ，并记录局部放电量；

(5) 不间断地降低到 $1.3U_m/\sqrt{3} (U_2)$ ，并至少保持 60min，进行局部放电测量，每隔 5min 记录一次局部放电量；

(6) 降低到 $1.1U_m/\sqrt{3} (U_3)$ ，保持 5min，记录局部放电量；

(7) 当电压降低到 $U_2/3$ 以下时，方可断开电源。

6.6 试验步骤及注意事项

(1) 试验开始前取油样进行色谱分析，色谱无异常方可开展局放试验；

(2) 在试验准备过程中，安装换流变网侧、阀侧的均压罩，将试验设备吊装到位，检查套管 CT 二次端子短接情况；

(3) 在试验场地周围装设安全围栏，并派专人看守；

(4) 检查变频电源，确认变频电源接地端已可靠接地，所有散热通风口已打开，输入、输出断路器已合闸。空试变频电源无异常后，切断变频电源电源，将变频电源输出端接到励磁变压器的低压侧；

(5) 按照试验接线图接好各试验设备以及仪表，并保证各高电压引线的电气距离，连接中间变压器和被试换流变压器低压套管端头的导线应用绝缘带固定，防止摆动；

(6) 从换流变压器网侧、阀侧分别注入 500pC 标准方波信号进行校准，校准按“多端测量、多端校准”的方式进行；

(7) 观测背景放电量水平、波形特点、相位等情况并进行记录。如背景放电量值较大，需查明原因并进行处理；

(8) 在被试换流变压器网侧出线端头连接电容分压器，准备校核被试变压器网侧电压；

(9) 加压前由现场试验负责人复核试验接线，确保接线无误方可加压；

(10) 清场，试验人员、安全巡视人员各就各位，试验正式开始。需要试验人员五名以上，由一人总负责（王胜权）、一人观测局放仪（吴义赞）、两人操作变频电源（外协 2 人）、一人巡视并负责观察钳形表、电容分压器（李贤凤）读数；

(11) 变频电源操作人员接试验负责人指令，先调谐，回路无异常则开始升

压；

(12) 升电压，核实各部位电压变比关系应正常，同时在网侧进行电压为 50kV、100kV、150kV 的校核工作，检查整个试验回路的状态是否正常。校核完毕，降电压、断开回路、停变频电源，挂接地线，拆除电容分压器；

(13) 励磁变压器高压尾、补偿电抗器的低压尾、以及变压器的阀侧的接地线上分别接入钳形电流表，核算在不同电压下的各电流情况。当各电流值与计算值相差较远时，则必需停止试验，进行调整；

(14) 再次升电压，开始测试。升电压至 $(1/3 \sim 1/2) U_2$ 试验电压，观测局部放电量有无异常，有则必须查明原因。观察各电容分压器、钳形电流表数值，分析试验回路各部分是否正常；

(15) 按照图 10 加压程序给被试换流变压器加压，测试并记录局部放电起始放电电压、局部放电熄灭电压、各阶段局部放电量等数值。试验过程中一直监视局部放电量、全程记录放电波形、各表计读数；

(16) 按照加压程序，当电压降到 $U_2/3$ 以下时，方可切断电源；

(17) 励磁变压器高压端挂接地线，对试验回路充分放电后拆线；

(18) 局放试验结束 24h 后，取油样进行色谱分析。

(19) 若在试验过程中变压器内部存在较大局放量且局放后色谱异常，需使用 SH III 局放超声定位系统对局放位置进行定位，并及时将异常情况汇报业主及监督单位。

6.7 试验装备布置图

高端换流变局放时，电压从阀侧施加，试验装备布置在阀厅内，装备布置图如图 7 所示。



图 7 高端换流变现场局放试验加压装备布置图

低端换流变局放时，电压从阀侧施加，试验装备布置在户外，位于换流变网侧套管侧马路上，装备布置如图 8 中红色方框所示。

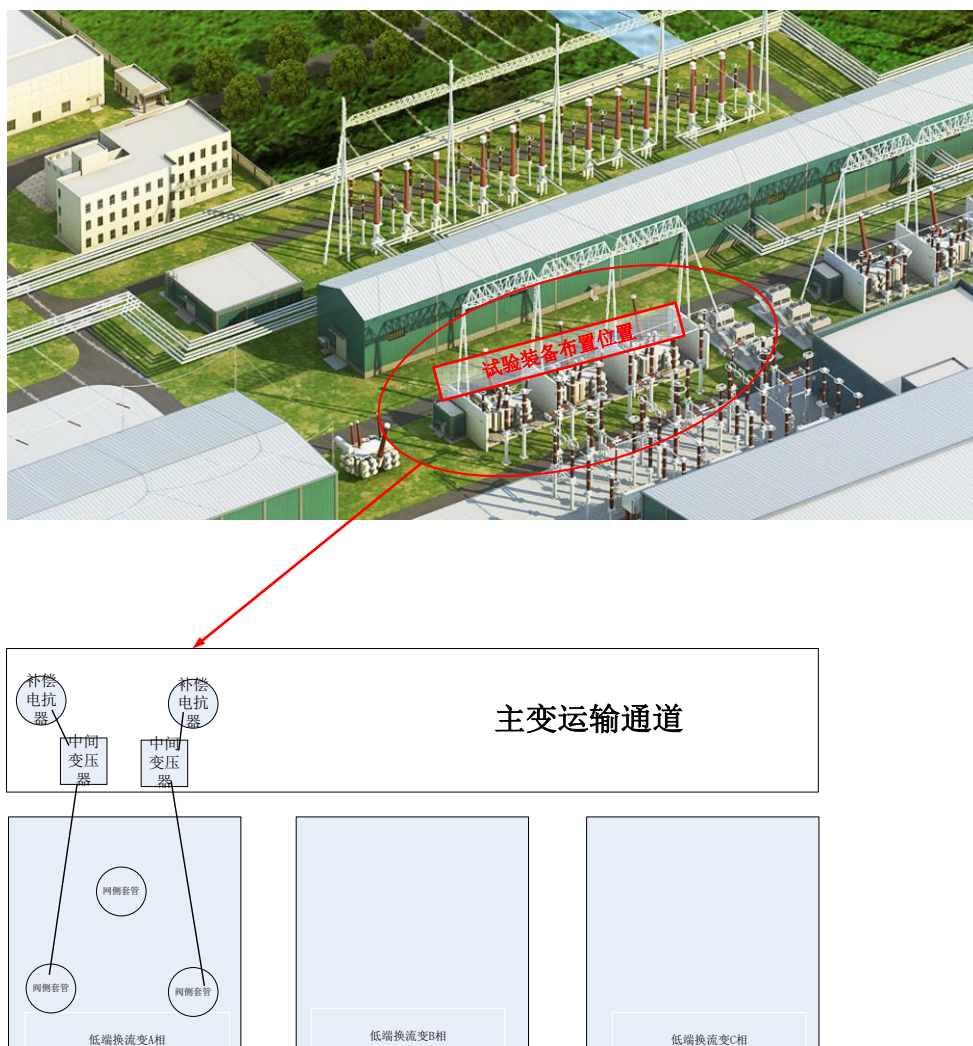


图 8 低端换流变现场局放试验加压装备布置图

6.8 试验判据

如果满足下列要求，则试验结果合格：

- (1) 试验电压（A、B、C、D、E 段）不发生突然下降；
- (2) 在 $1.3U_m/\sqrt{3}$ 电压下（D 段）长时试验期间，视在放电量不超过 300pC；
- (3) 在 $1.3U_m/\sqrt{3}$ 电压下（D 段），局部放电不呈现持续增长的趋势，偶然出现的较高幅值脉冲可以不计入；
- (4) 在 $1.1U_m/\sqrt{3}$ 电压下（A、E 段），视在电荷量的连续水平不大于 100pC；
- (5) 局放试验前后色谱无明显变化或异常。

6.9 抗干扰措施

- (1) 将被试换流变压器套管引线及母线的引下线拆除，消防水管拆除；

(2) 被试换流变压器套管顶部装上均压罩，且保证与套管紧密固定，并通过铜线将均压罩与套管上接线排连接起来，保证两者同一电位，防止悬浮放电对局部放电的影响；

(3) 中间变压器、电抗器及被试变压器加压侧应采用无晕扩径导线连接，内部载流线必须用带绝缘护套的导线，一端连接，另外一段绝缘，防止分流产生放电；

(4) 确保被试换流变压器全部套管式电流互感器二次端子均已短接接地、换流变压器套管顶端均压罩与导电杆连接可靠；

(5) 局放试验前，放掉各侧套管法兰及散热器顶端等处沉积的气体；

(6) 为消除地网中杂散电流对测试的影响，应坚持局部放电试验测试回路一点接地的原则，且采用带有绝缘护套的地线；并将试验电源、励磁变压器和补偿电抗器外壳接地线分别引至被试换流变压器油箱的接地引下线上，防止地线环流产生干扰；

(7) 被试换流变压器附近的围栏、油箱等所有金属物件应可靠接地，防止因杂散电容耦合而产生悬浮电位放电；

(8) 应该选择容量大、抗饱和能力强、灵敏度高的检测阻抗，防止因阻抗饱和而影响局放测量；

(9) 尽量缩短局放测量阻抗的信号传输线的布置长度，测量阻抗应就近接地，减小空间干扰对测量阻抗的影响；

(10) 应该尽可能缩小试验回路，减小空间干扰的影响；

(11) 局部放电试验前，应终止电焊机、搅拌机、切割机、吊车等影响局放测量的作业，以减少现场干扰。

(12) 低压加压线增加阻波器，以消除低压侧加压影响。

6.10 安全措施

表 12 输变电工程风险基本等级表

风险编号	工序	风险可能导致后果	风险评定值(D)	风险级别	风险控制关键因素	预控措施	备注
03070104	油浸电力	触电 高处坠	126	3	环境变化	(1)试验作业前，必须规范设置安全隔离区域，向外悬挂“止步，高压危险!”的警示牌。设专人监护，严禁	人员 资质

变 压 器 局 部 放 电 及 耐 压 试 验	落			近电作 业	<p>非作业人员进入。设备试验时，应将所要试验的设备与其它相邻设备做好物理隔离措施，避免试验带电回路串至其它设备上导致人身事故。</p> <p>(2)进入施工现场应使用安全防护用具，正确配戴安全帽，高处作业时系好安全，使用有防滑的梯子，并做好安全监护。</p> <p>(3)严格遵守《国家电网有限公司电力建设安全工作规程第1部分:变电》保持与带电设备的安全距离。</p> <p>(4)变压器局放及耐压试验用的电源，根据试验容量选择开关容量、导线截面、站用变跌落保险值。</p> <p>(5)耐压试验应设专人统一指挥，作业人员应与供电部门联系，避免在试验过程中突然停电，给试验人员和设备来危害。</p> <p>(6)试验电源应采用三相五线制，其开关应采用有明显断点的双刀开关和电源指示灯，并设专线，应有专人负责维护。</p> <p>(7)试验结束后，应将残留电荷放净，接地装置拆除</p> <p>(8)试验前，被试设备应接地可靠。试验结束后，临时拆除的一二次接线(或接入的二次线)应及时恢复，并确保接触可靠，防止遗漏导致电网事故。</p>	已核 对， 区域 隔离 等安 措已 执行
--	---	--	--	--------------	--	--

7 危险源及环境因素分析

(1)区分试验仪器和设备使用的工作电源电压等级，严格区分 220V 与 380V 电源，避免电源误接，造成试验仪器或设备的损坏；

(2) 确保高压加压线对地面、周围物体及工作区域的电气距离满足要求；

(3) 防止仪器使用过程中的意外损坏，关闭电源后，才能改换试验接线；

(4) 测试工作中存在触电的危害，仪器或试验设备的接地应良好且牢固，以防被试设备对地击穿放电，造成地电位抬高伤害试验人员；

(5) 工作中可能存在的人身意外伤害，在 2 米及以上高空接线或改接线时，要戴安全帽、穿绝缘鞋和系安全带；

(6) 试验可能对环境造成不良影响，试验中应采取措施，避免对环境造成

影响；

（7）注意高空或吊车作业时对人身和设备的伤害；

（8）防止高空坠落物造成人员或设备损坏；

（9）试验中避免试验人员触电危险。试验接线时，应先断开电源开关，在试验变压器高压侧挂接地线；试验结束后，应先断开电源总开关，在试验变压器高压侧挂接地线，再拆除试验接线。

8 组织分工

（1）江苏省电力试验研究院有限公司负责试验及其准备工作；

（2）现场项目部负责协调江苏送变电、华东送变电、吉林送变电完成试验配合工作，并指派专人负责。

（3）局放试验前安装单位完成阀侧套管运行均压帽安装，网侧套管均压帽安装过程中，由换流变安装单位提供均压帽加装过程中的2台吊车（包含司机）、1名吊车指挥人员、1名登高人员配合。

（4）局放试验过程中阀厅内加压线连接，由江苏送变电提供加压线加装过程中的1台升降车、1名车辆操作人员。

（5）局放试验过程中，需进行励磁变、电抗器、变频电源等大型设备的搬运，换流变安装单位准备5吨叉车（包含叉车驾驶员1名、叉车指挥人员1名），负责将大型试验设备搬运至阀厅内试验位置，并负责在阀厅内转运。

（6）局放试验时，阀侧引线支撑套管距离太近，不满足局放试验要求，防火墙上的避雷器、支撑套管与换流变套管距离太近，不满足局放试验要求，局放试验前不得安装。网侧套管5.1米内、阀侧套管4.2米内不得安装除套管、防火墙以外的设备。

（7）江苏电试院负责换流变局放试验、耐压试验前后的油色谱取样及分析。

附表1 试验开始条件确认卡

序号	检查内容	要求	检查结果
1	前期试验情况	被试变压器常规试验（含油样试验）合格	
2	CT 短接情况	CT 短路接地可靠	
3	分接开关位置	分接开关在额定分接	
4	试品静置时间	被试变压器热油循环后静置时间满足相关要求	
5	均压罩安装情况	被试变压器高压、中压和低压套管已加装均压罩，确保满足安全要求	
6	试品外壳及周围金属物接地情况	被试变压器外壳、铁心及周围金属物件均可靠接地	
7	试品表面情况	被试变压器套管表面清洁干燥	
8	现场施工作业情况	现场无电焊机、搅拌机、切割机、吊车等影响局放测量的作业	
9	试验接线	按照试验接线图进行接线，高压引线应尽可能短，绝缘距离足够，试验接线准确无误且连接可靠	
10	试验设备	试验设备应尽可能靠近被试变压器，试验设备应与带电设备保持足够安全距离	
11	工作人员及安全防护	现场工作人员的身体状况、精神状态良好，个人防护服及安全用具齐全	
12	组织分工	向所有工作人员详细交待作业任务、安全措施和安全注意事项，所有人员到位	

工作负责人：_____ 安全监护人：_____ 监督方：_____

附表2 试验过程确认卡

序号	检查内容	要求	检查结果
1	通电检查	确认试验接线无误，检查变频电源、励磁变、局放仪等设备工作正常	
2	频率调整	通过手动模式寻找变频源最佳工作频率	
3	方波校验	在变压器各侧套管进行方波校准，记录局放量传递关系	
4	电压校核	计算并设定峰值表的分压比，被试变压器的高压侧和加压侧实际电压比与铭牌电压比的误差应控制在 5% 以内	
5	加压测量	按照加压程序进行加压测量并做好记录	

工作负责人：_____ 安全监护人：_____ 监督方：_____

附表3 试验结束确认卡

序号	检查内容	要求	检查结果
1	安全措施	确认切断试验电源，做好接地放电等安全防护措施	
2	试验数据	试验数据记录完整、准确	
3	被试变压器状态	被试变压器上无遗留物，恢复到试验前状态	
4	试验环境	恢复到试验前状态	
5	试验装备清点	试验装备无遗漏	
6	结果汇报	向监理或监督负责人汇报试验情况及结果	

工作负责人：_____ 安全监护人：_____ 监督方：_____

附表4 试验数据记录表

一、基本信息							
温度/℃		湿度/%		试验时间			
记录人							
二、试品信息							
设备名称				分接位置			
三、方波校准							
	网侧	阀侧（首）	阀侧（尾）	铁心	夹件	中性点	
网侧							
阀侧（首）							
阀侧（尾）							
铁心							
夹件							
中性点							
四、试验数据记录							
电压	时间 (min)	网侧	阀侧（首）	阀侧（尾）	铁心	夹件	中性点
$1.1U_m/\sqrt{3}$	5						
$1.3U_m/\sqrt{3}$	5						
$1.5U_m/\sqrt{3}$		---	---	---	---	---	---
$1.3U_m/\sqrt{3}$	5						
	10						
	15						
	20						
	25						
	30						
	35						
	40						
	45						
	50						
	55						
	60						
$1.1U_m/\sqrt{3}$	5						