

LHXZ-324kVA/108kV  
变频串联谐振耐压试验装置

## 技术方案

武汉立禾电力科技有限公司

# 目录

一、	满足试品范围 .....	3
二、	装置主要组成 .....	3
三、	主要功能及特征 .....	3
四、	主要技术参数 .....	5
五、	装置容量验证 .....	5
六、	试验时设备组合方式 .....	7
七、	系统配置参数 .....	7
八、	供货清单 .....	9
九、	参考实验标准 .....	9

## LHXZ-324kVA/108kV

### 变频串联谐振耐压试验装置

#### 一、 满足试品范围

- 1、10kV/2000kVA 主变的交流耐压试验, 电容量 $\leq 0.01\mu\text{F}$ , 试验频率 45-65Hz, 试验电压不超过 35kV, 试验时间 1min。
- 2、出口电压 20kV, 容量 10MW 以下的火力发电机交流耐压试验, 电容量 $\leq 0.15\mu\text{F}$ , 试验频率 45-65Hz, 试验电压不超过 43kV, 试验时间 1min。
- 3、35kV/300mm<sup>2</sup> 电缆 3km 的交流耐压试验, 电容量 $\leq 0.5835\mu\text{F}$ , 试验频率 30-300Hz, 试验电压 52kV, 试验时间 60min。
- 4、35kV/6300kVA 主变的交流耐压试验, 电容量 $\leq 0.01\mu\text{F}$ , 试验频率 45-65Hz, 试验电压 68kV, 试验时间 1min。
- 5、110kV/63000kVA 主变中性点的交流耐压试验, 电容量 $\leq 0.02\mu\text{F}$ , 试验频率 45-65Hz, 试验电压不超过 80kV, 试验时间 1min。
- 6、35kV 开关等电气设备的交流耐压试验, 试验频率 30-300Hz, 试验电压不超过 95kV, 试验时间 1min。

#### 二、 装置主要组成

序号	设备名称	规格型号	单位	数量
1	变频电源	LHXZ-18kW	台	1
2	激励变压器	LHJL-10kVA/1.5/3/6kV/0.4kV	台	2
3	高压电抗器	LHDK-54kVA/27kV	台	6
4	电容分压器	LHFY-1000pF/110kV	套	1
5	补偿电容器	LHBC-10000pF/80kV	套	1

#### 三、 主要功能及特征

LHXZ 系列变频串联谐振耐压试验装置, 采用调节电源频率的方式, 使得电抗器与被试电容器实现谐振,

从而在被试品上获得高电压大电流，因其所需电源功率小、设备重量轻体积小，在国内外得到了广泛好评和应用，是当前高电压试验的新方法和潮流。

#### **我公司调频谐振装置主要功能及其技术特点：**

- 1、装置具有过压、过流、零位启动、系统失谐（闪络）等保护功能，过压过流保护值可以根据用户需要整定，试品闪络时闪络保护动作并能记下闪络电压值，以供试验分析。
- 2、整个装置单件重量很轻，便于现场使用。
- 3、装置具有三种工作模式：全自动模式、手动模式、自动调谐手动升压模式；方便用户根据现场情况灵活选择，提高试验速度。
- 4、能存储和异地打印数据，存入的数据编号是数字，方便用户识别和查找。
- 5、装置自动扫频时频率起点可以在规定范围内任意设定，扫频方向可以向上、向下选择，同时液晶大屏幕显示扫描曲线，方便使用者直观了解是否找到谐振点。
- 6、采用 DSP 平台技术，可根据用户需要增减功能和升级，人机交换界面更为人性化。
- 7、所需电源容量大大减小。串联谐振电源是利用谐振电抗器和被试品电容谐振产生高电压和大电流的，在整个系统中，电源只需要提供系统中有功消耗的部分，因此试验所需的电源功率只有试验容量的  $1/Q$ 。
- 8、设备的重量和体积大大减少。串联谐振装置中，省去了笨重的大功率调压装置和普通的大功率工频试验变压器，而且，谐振激磁电源只需试验容量的  $1/Q$ ，使得系统重量和体积大大减少，一般为普通试验装置的  $1/10-1/30$ 。
- 9、有效改善输出电压波形。谐振电源是谐振式滤波电路，能改善输出电压的波形畸变，获得很好的正弦波形，有效防止了谐波峰值对试品的误击穿。
- 10、防止大的短路电流烧伤故障点。在串联谐振状态，当试品的绝缘弱点被击穿时，电路立即脱谐，回路电流迅速下降为正常试验电流的  $1/Q$ ，而用并联谐振或者试验变压器做耐压试验时，击穿电流立即上升几十倍，两者相比，短路电流与击穿电流相差数百倍。串联谐振能有效的找到绝缘弱点，又不存在大

的短路电流烧伤故障点的忧患。

11、不会出现任何恢复过电压。试品发生击穿时，因失去谐振条件，高电压也立即消失，电弧即刻熄灭，且恢复电压的再建立过程很长，很容易在再次达到闪络电压前断开电源，这种电压的恢复过程是一种能量积累的间歇振荡过程，其过程长，而且不会出现任何恢复过电压。

#### 四、 主要技术参数

1. 额定容量：324kVA
2. 额定电压：54kV；162kV
3. 额定电流：6A；2A
4. 测量精度：系统有效值 1.5 级
5. 工作频率：30-300Hz
6. 装置输出波形：正弦波
7. 品质因素：装置自身  $Q \geq 30 (f=45\text{Hz})$
8. 波形畸变率：输出电压波形畸变率  $\leq 1\%$
9. 输入电源：单相 220 或三相 380V 电压，频率为 50Hz
10. 工作时间：额定负载下允许连续 60min；过压 1.1 倍 1 分钟
11. 温 升：额定负载下连续运行 60min 后温升  $\leq 65\text{K}$
12. 保护功能：过压、过流、零位启动、系统失谐（闪络）等保护功能
13. 环境温度：- 20°C-55°C
14. 相对湿度：  $\leq 90\%RH$
15. 海拔高度： $\leq 3000$  米

#### 五、 装置容量验证

**装置容量定为 324kVA，分六节电抗器，电抗器单节为 54kVA/27kV/2A/65H，**

验证：1、10kV/2000kVA 主变的交流耐压试验，电容量 $\leq 0.01\mu\text{F}$ ，试验频率 45-65Hz，试验电压不超过 35kV，试验时间 1min。

使用电抗器六节串联， $L=65\times 6\times 1.3=507\text{H}$ ，配 10000pF/80kV 补偿电容器，则：

$$\text{试验频率：} f=1/2\pi\sqrt{LC}=1/(2\times 3.14\times \sqrt{507\times 0.02\times 10^{-6}})=49.98\text{Hz}$$

$$\text{试验电流：} I=2\pi fCU_{\text{试}}=2\pi\times 49.98\times 0.02\times 10^{-6}\times 35\times 10^3=0.22\text{A}$$

2、出口电压 20kV，容量 10MW 以下的火力发电机交流耐压试验，电容量 $\leq 0.15\mu\text{F}$ ，试验频率 45-65Hz，试验电压不超过 43kV，试验时间 1min。

使用电抗器两节串联（互感系数 1.1）两组并联， $L=65\times 2\times 1.1/2=71.5\text{H}$ ，则：

$$\text{试验频率：} f=1/2\pi\sqrt{LC}=1/(2\times 3.14\times \sqrt{71.5\times 0.15\times 10^{-6}})=48.6\text{Hz}$$

$$\text{试验电流：} I=2\pi fCU_{\text{试}}=2\pi\times 48.6\times 0.15\times 10^{-6}\times 43\times 10^3=1.97\text{A}$$

3、35kV/300mm<sup>2</sup> 电缆 3km 的交流耐压试验，电容量 $\leq 0.5835\mu\text{F}$ ，试验频率 30-300Hz，试验电压 52kV，试验时间 60min。

使用两节电抗器串联（互感系数 1.1）三组并联， $L=65\times 2\times 1.1/3=47.67\text{H}$

$$\text{试验频率：} f=1/2\pi\sqrt{LC}=1/(2\times 3.14\times \sqrt{47.67\times 0.5835\times 10^{-6}})=30.18\text{Hz}$$

$$\text{试验电流：} I=2\pi fCU_{\text{试}}=2\pi\times 30.18\times 0.5835\times 10^{-6}\times 52\times 10^3=5.75\text{A}$$

4、35kV/6300kVA 主变的交流耐压试验，电容量 $\leq 0.01\mu\text{F}$ ，试验频率 45-65Hz，试验电压 68kV，试验时间 1min。

使用电抗器六节串联， $L=65\times 6\times 1.3=507\text{H}$ ，配 10000pF/80kV 补偿电容器，则：

$$\text{试验频率：} f=1/2\pi\sqrt{LC}=1/(2\times 3.14\times \sqrt{507\times 0.02\times 10^{-6}})=49.98\text{Hz}$$

$$\text{试验电流：} I=2\pi fCU_{\text{试}}=2\pi\times 49.98\times 0.02\times 10^{-6}\times 68\times 10^3=0.43\text{A}$$

5、110kV/63000kVA 主变中性点的交流耐压试验，电容量 $\leq 0.02\mu\text{F}$ ，试验频率 45-65Hz，试验电压不超过 80kV，试验时间 1min。

使用电抗器六节串联， $L=65 \times 6 \times 1.3=507\text{H}$ ，则：

试验频率： $f=1/2\pi\sqrt{LC}=1/(2 \times 3.14 \times \sqrt{507 \times 0.02 \times 10^{-6}})=49.98\text{Hz}$

试验电流： $I=2\pi f C U_{\text{试}}=2\pi \times 49.98 \times 0.02 \times 10^{-6} \times 80 \times 10^3=0.5\text{A}$

**满足实验要求。**

## 六、 试验时设备组合方式

被试品对象	组合方式	电抗器选择 (54kVA/27kV 六节)	激励变压器 输出端选择	试验电压 (kV)
10kV/2000kVA 主变		使用电抗器六节串联配 10000pF/80kV 补偿电容器	3kV	$\leq 35\text{kV}$
出口电压 20kV，容量 10MW 以下 火力发电机		使用电抗器两节串联两组并联	6kV	$\leq 43\text{kV}$
35kV/300mm <sup>2</sup> 电缆 3km		使用电抗器两节串联两组并联	3kV	$\leq 52\text{kV}$
35kV/6300kVA 主变		使用电抗器六节串联配 10000pF/80kV 补偿电容器	3kV	$\leq 68\text{kV}$
110kV/63000kVA 主变中性点		使用电抗器六节串联	6kV	$\leq 80\text{kV}$
35kV 开关等电气设备		使用电抗器四节串联	6kV	$\leq 95\text{kV}$

## 七、 系统配置参数

### (一) 变频电源 LHXZ-18kW

1 台

- 1) 额定输出容量：18kW
- 2) 工作电源：220/380 $\pm$ 10%V (单/三相)，工频
- 3) 输出电压：0-400V
- 4) 额定输入电流：45A
- 5) 额定输出电流：45A
- 6) 电压分辨率：0.01kV
- 7) 电压测量精度：1.5%
- 8) 频率调节范围：30-300Hz
- 9) 频率调节分辨率： $\leq 0.1\text{Hz}$

- 10) 频率稳定度: 0.1%
- 11) 运行时间: 额定容量下连续 60min
- 12) 温升: 额定容量下连续运行 60min 元器件最高温度 $\leq 65K$
- 13) 噪声水平:  $\leq 50dB$
- 14) 尺寸 (长宽高 mm): 540 $\times$ 380 $\times$ 420
- 15) 重量: 约 25kg

**(二) 激励变压器 LHJL-10kVA/1.5/3/6kV/0.4kV**

**2 台**

- 1) 额定容量: 10kVA
- 2) 输入电压: 0-400V
- 3) 输出电压: 1.5/3/6kV
- 4) 结构: 干式
- 5) 尺寸 (长宽高 mm): 480 $\times$ 420 $\times$ 385
- 6) 重量: 约 60kg

**(三) 高压电抗器 LHDK-54kVA/27kV**

**6 节**

- 1) 额定容量: 54kVA;
- 2) 额定电压: 27kV
- 3) 额定电流: 2A
- 4) 电感量: 65H/单节
- 5) 品质因素:  $Q \geq 30$  ( $f=45Hz$ )
- 6) 结构: 干式
- 7) 尺寸 (内径高 mm):  $\varnothing 342 \times 435$
- 8) 重量: 约 80kg

**(四) 电容分压器 LHFY-1000pF/110kV****1 套**

- 1) 额定电压: 110kV
- 2) 高压电容量: 1000pF
- 3) 介质损耗:  $\text{tg}\sigma \leq 0.5\%$
- 4) 分压比: 1500: 1
- 5) 测量精度: 有效值 1.5 级
- 6) 尺寸 (内径高 mm):  $\varnothing 140 \times 1000$
- 7) 重 量: 约 8kg

**(五) 补偿电容器 LHBC-10000pF /80kV(出一个 40kV 抽头)****1 套**

- 1) 额定电压: 80kV/40kV
- 2) 高压电容量: 10000/20000pF
- 3) 尺寸 (内径高 mm):  $\varnothing 140 \times 1000$
- 4) 重 量: 约 10kg;

**八、供货清单**

序号	设备名称	型号及规格	单位	数量
1	变频电源	LHXZ-18kW	台	1
2	激励变压器	LHJL-10kVA/1.5/3/6kV/0.4kV	台	2
3	高压电抗器	LHDK-54kVA/27kV	台	6
4	电容分压器	LHFY-1000pF/110kV	套	1
5	补偿电容器	LHBC-10000pF/80kV	套	1
6	串联谐振测试线		套	1
7	出厂检验报告		份	1
8	使用说明书		份	1
9	产品合格证		份	1
10	装箱清单		份	1

**九、参考实验标准**

DL/T 596-1996

《电力设备预防性试验规程》

GB50150-2016	《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》
GB10229-88	《电抗器》
GB1094	《电力变压器》
GB1094.1-GB1094.6-96	《外壳防护等级》
GB2900	《电工名词术语》
GB/T16927.1~2-1997	《高电压试验技术》
DL/T474.4-2006	《现场绝缘试验实施导则 - 交流耐压试验》
DL/T1015	《现场直流和交流耐压试验电压测量系统的使用导则》
GB/T311.1-1997	《高压输变电设备的绝缘与配合》
GB191-2000	《包装储运图示标志》
JB/T9641-1999	《试验变压器》
IEC358(1990)	《耦合电容器和电容分压器》
GB4793-1984	《电子测量仪器安全要求》
GB/T3859.2-1993	《半导体变流器应用导则》
GB/T2423.8-1995	《电工电子产品基本环境试验规程》
DL/T849.6-2004	《电力设备专用测试仪器通用技术条件第 6 部分：高压谐振试验装置》