

CTSR-3000kVA/500kV
变频串联谐振试验装置

**技
术
方
案**

杭州高电科技有限公司

地址：杭州钱江经济开发区永泰路2号-15#
电话：0571-89935606
网站：<http://www.hzhv.com>

邮编：311107
传真：0571-89935608
邮箱：hzhv@hzhv.com

一、设备制造遵循的国家标准和行业标准

GB7328-87	<<变压器和电抗器的声级测量>>
GB1094	<<电力变压器>>
GB/T16927.1-2-1997	<<高电压试验技术>>
ZBK41006-89	<<试验变压器>>
GB4208	<<外壳防护等级>>
GB2900	<<电工名词术语>>
GB5273	<<变压器、高压电器和套管的端子>>
GB191	<<包装储运标志>>
GB10327	<<电力变压器绝缘水平和绝缘试验外绝缘自空气间隙>>
GB10229-88	<<电抗器>>
IEC358(1990)	<<耦合电容器和电容分压器>>
IEC1000	<<电磁兼容性>>
GB4793-1984	电子测量仪器安全要求

二、被试品对象及试验要求

- 1、满足 110kV 电缆，1200mm²，长度≤2km 交流耐压试验要求，电容量≤0.564 μF,试验频率 30-300Hz,最高试验电压≤128kV，试验时间持续工作 3 小时（中间暂停冷却时间不超过 30 分钟）
- 2、满足 220kV 电缆，1600mm²，长度≤1km 交流耐压试验要求，电容量≤0.204 μF,试验频率 30-300Hz,最高试验电压≤216kV，试验时间持续工作 3 小时（中间暂停冷却时间不超过 30 分钟）
- 3、220kV GIS 间隔，试验电压≤490kV,单个间隔电容量按≤900pF，试验频率 30-300Hz，试验时间 1min。
- 4、220kV 绝缘子的交流耐压试验，试验电压≤490kV，电容量≤50pF 试验频率 30-300Hz，试验时间 1min。

三、工作环境

1. 环境温度：-10°C ~ 50°C;
2. 相对湿度：≤90%RH;
3. 海拔高度：≤1000 米;

四、装置主要技术参数及功能

1. 额定容量：3000kVA;
2. 输入电源：380V 电压，频率为 50Hz;
3. 额定电压：128kV; 216kV; 500kV

4. 额定电流：20.41A；12.46A；1.5A
5. 工作频率：30-300Hz；
6. 装置输出波形：正弦波
7. 波形畸变率：输出电压波形畸变率 $\leq 1\%$ ；
8. 工作时间：额定负载下允许连续运行 3 小时（中间暂停冷却时间不超过 30 分钟）；
9. 过压 1.2 倍 1 分钟；
10. 温升：额定负载下连续运行 3 小时（中间暂停冷却时间不超过 30 分钟），
后温升 $\leq 65K$ ；
11. 品质因素：装置自身 $Q \geq 35 (f=45Hz)$ ；
12. 保护功能：对被试品具有过流、过压及试品闪络保护(详见变频电源部分)；
13. 测量精度：系统有效值 1.5 级；

五、装置容量确定

1、满足 110kV 电缆，1200mm²，长度 $\leq 2km$ 交流耐压试验要求，电容量 $\leq 0.564 \mu F$,试验频率 30-300Hz,最高试验电压 $\leq 128kV$ ，试验时间 3 小时（中间暂停冷却时间不超过 30 分钟）。

试验频率： $f=45Hz$

试验电流： $I=2\pi fCU_{试}=2\pi \times 45 \times 0.564 \times 10^{-6} \times 128 \times 10^3=20.41A$

$L=1/\omega^2C=1/(2\pi \times 45)^2 \times 0.564 \times 10^{-6}=22.2H$

2、满足 220kV 电缆，1600mm²，长度 $\leq 1km$ 交流耐压试验要求，电容量 $\leq 0.204 \mu F$,试验频率 30-300Hz,最高试验电压 $\leq 216kV$ ，试验时间 3 小时（中间暂停冷却时间不超过 30 分钟）。

试验频率： $f=45Hz$

试验电流： $I=2\pi fCU_{试}=2\pi \times 45 \times 0.204 \times 10^{-6} \times 216 \times 10^3=12.46A$

$L=1/\omega^2C=1/(2\pi \times 45)^2 \times 0.204 \times 10^{-6}=61.3H$

3、220kV GIS 间隔，试验电压 $\leq 490kV$ ，单个间隔电容量按 $\leq 900pF$ +分压器 500 pF,合计 1400pF，试验频率 30-300Hz，试验时间 1min。

试验频率： $f=136Hz$

试验电流： $I=2\pi fCU_{试}=2\pi \times 136 \times 0.0014 \times 10^{-6} \times 490 \times 10^3=0.59 A$

$L=1/\omega^2C=1/(2\pi \times 136)^2 \times 0.0014 \times 10^{-6}=978.2H$

4、220kV 绝缘子的交流耐压试验，试验电压 $\leq 490kV$ ，电容量 $\leq 50pF$ +分压器 500 pF=550pF，试验频率 30-300Hz，试验时间 1min。

试验频率： $f=217Hz$

试验电流： $I=2\pi fCU_{试}=2\pi \times 217 \times 0.00055 \times 10^{-6} \times 490 \times 10^3=0.37A$

$L=1/\omega^2C=1/(2\pi \times 217)^2 \times 0.00055 \times 10^{-6}=978H$

根据以上项目试验电压、电流、频率、电感量即设计 60 节电抗器，其中 28 节电抗器为 3.3H/7.5A、

32 节电抗器，32 单节电抗器为 15H/1.5A，装置容量定为 3000kVA。

验证：

1、满足 110kV 电缆，1200mm²，长度≤2km 交流耐压试验要求， 电容量≤0.564 μ F,试验频率 30-300Hz, 最高试验电压≤128kV，试验时间 3 小时（中间暂停冷却时间不超过 30 分钟）。

使用电抗器 8 节串联 3 组并联 $L=3.3*8*2.59/3=22.79$ ，此时电感量为 22.79H

试验频率 $f=1/2\pi\sqrt{LC}=1/(2\times 3.14\times\sqrt{22.79\times 0.564\times 10^{-6}})=44.39\text{Hz}$

试验电流： $I=2\pi fCU_{\text{试}}=2\pi\times 44.39\times 0.564\times 10^{-6}\times 128\times 10^3=20.14\text{A}$

试验电流 20.14A，3 组并联电流 $3*7.5=22.5\text{A}$ ，试验电流小于电抗器额定电流，符合要求。

2、满足 220kV 电缆，1600mm²，长度≤1km 交流耐压试验要求， 电容量≤0.204 μ F,试验频率 30-300Hz,最高试验电压≤216kV，试验时间 3 小时（中间暂停冷却时间不超过 30 分钟）

使用电抗器 14 节串联 2 组并联,此时电感量为 $L=3.3*14*2.59/2=59.829\text{H}$

试验频率 $f=1/2\pi\sqrt{LC}=1/(2\times 3.14\times\sqrt{59.829\times 0.204\times 10^{-6}})=45.56\text{Hz}$

试验电流： $I=2\pi fCU_{\text{试}}=2\pi\times 45.56\times 0.204\times 10^{-6}\times 216\times 10^3=12.61\text{A}$

试验电流 12.61A，2 组并联电流 $2*7.5=15\text{A}$ ，试验电流小于电抗器额定电流，符合要求。

3、220kV GIS 间隔， 试验电压≤490kV，单个间隔电容量按≤900pF+500（分压器）=1400pF，试验时间 1min。

使用电抗器 25 节串联 1 组串联,此时电感量为 $L=15*25*2.59=971.25\text{H}$

试验频率 $f=1/2\pi\sqrt{LC}=1/(2\times 3.14\times\sqrt{971.25\times 0.0014\times 10^{-6}})=136.49\text{Hz}$

试验电流： $I=2\pi fCU_{\text{试}}=2\pi\times 170.23\times 0.0009\times 10^{-6}\times 490\times 10^3=0.59\text{A}$

4、220kV 绝缘子的交流耐压试验， 试验电压≤490kV，电容量≤50pF+500pF=550pF，试验频率 30-300Hz，试验时间 1min。

使用电抗器 30 节串联,此时电感量为 $L=15*30*2.59=1165.5\text{H}$

试验频率 $f=1/2\pi\sqrt{LC}=1/(2\times 3.14\times\sqrt{1165.5\times 0.00055\times 10^{-6}})=198.78\text{Hz}$

试验电流： $I=2\pi fCU_{\text{试}}=2\pi\times 198.78\times 0.00055\times 10^{-6}\times 490\times 10^3=0.34\text{A}$

试验时设备使用关系列表

被试品对象	设备组合	电抗器	激励变压器输出端选择	试验电压 (kV)
110kV 电缆，1200mm ² ，长度≤2km		3 组并联 8 节串联 (3.3H)	3kV	≤128kV
220kV 电缆，1600mm ² ，长度≤1km		2 组并联 14 节串联 (3.3H)	6kV	≤216kV
220kV 系统的交流耐压试验		25 节串联 (15H)	24kV	≤380kV
220kV 绝缘子的交流耐压试验		30 节串联 (15H)	24kV	≤490kV

六、系统配置及其参数

1. 激励变压器

- 1) 激励变压器 JLB-36kVA/3kV/6kV 2 台
 - a) 额定容量: 36kVA
 - b) 输出电压: 3kV/6kV
 - c) 输出电流: 12A/6A
 - d) 结 构: 干式
 - e) 重 量: 约 160kg
- 2) 激励变压器 JLB-36kVA/24kV 1 台
 - f) 额定容量: 36kVA
 - g) 输出电流: 1.5A
 - h) 输出电压: 24kV
 - i) 结 构: 干式
 - j) 重 量: 约 190kg

2. 变频电源 CTSR-72kW /380V 1 台

- a) 额定输出容量: 72kW
 - b) 工作电源: $380 \pm 10\%$
 - c) 输出电压: 0 ~ 400V
 - d) 额定输入电流: 129A
 - e) 额定输出电流: 212.5A
 - f) 电压分辨率: 0.01kV
 - g) 电压测量精度: 1%
 - h) 频率调节范围: 30~350 Hz
 - i) 频率调节分辨率: $\leq 0.01\text{Hz}$
 - j) 频率稳定度: 0.1%
 - k) 运行时间: 额定容量下连续 3 小时, (中间暂停冷却时间不超过 30 分钟)
 - l) 额定容量下连续运行连续 3 小时, (中间暂停冷却时间不超过 30 分钟) 元器件最高温度 $\leq 65\text{K}$;
 - m) 噪 声 水 平: $\leq 50\text{dB}$
 - n) 重 量: 约 120kg;
 - o) 可实现以下功能
- 1) 变频电源的放置为纵向和横向, 特别适合现场操作及观察;
 - 2) 内外部具备特殊减震橡胶支撑脚和保护铝箱, 可有效减缓运输中的颠簸震动和吊装时的冲

- 击。保证了变频电源的长期稳定性和可靠性；
- 3) 参数显示：可显示谐振电压(即试验前设置的目标电压)、试验频率、测量频率、低压电压、低压电流、耐压时间、过压保护、过流保护、闪络保护、操作模式切换、电容，电感，频率互换计算、参数查询等
 - 4) 参数设置：完成各种参数的设置，可对起始频率、终止频率、起始电压、阶段升压和计时、测量分压器变比、激励变变比、过压保护、过流保护、闪络保护、试验模式、电容电感频率互换计算、参数设置提示以及帮助等参数进行设置或选择；
 - 5) 试验模式：有全自动、半自动、手动三种运行状态。具备升压、调谐（含手动、自动）、运行状态、模式切换、故障提示功能等；
 - 6) 保护功能及其信息提示：具备高压过压保护、低压过流、过流保护，以及失谐保护、零位、闪络保护、紧急停机、欠压保护等多重保护功能；
 - 7) 数据存储功能：试验结果保存（手动保存）、打印、回查等
- ① 试验结果：手动或自动试验完毕后，在试验结果界面中可显示出试验时的详细参数，当试验发生中断时，可提示中断状态。可将参数保存在存储器中，该存储器为非易失存储器，可保存 500 组试验记录；
 - ② 数据查询：可将已保存的试验结果数据显示到屏幕上，利用设备所携带打印机打印
- 8) 自动稳压功能：系统根据设定的试验电压或手动升压结果，自动跟踪并维持稳定的试验电压，电压稳定度可达 1.0%；
 - 9) 调频范围及频率分辨率均可设定：调频范围可设为 20~350Hz，出厂默认设置为 30-350Hz，也可按需设置，加快调谐过程；频率分辨率根据需要，可预设，在调谐效率与调谐精准度之间取得优化平衡；
 - 10) 频率调节分为粗调和细调，并可自动寻找试验谐振点，保证谐振频率在整个试验过程中不发生漂移；

3. 高压电抗器

- 1) 高压电抗器 DK-3.3H/7.5A 28 节

 - a) 额定电流：7.5A（长时）
 - b) 额定电压： $\leq 16\text{kV}$
 - c) 电感量：3.3H
 - d) 品质因素： $Q \geq 35$ ($f=45\text{Hz}$)；
 - e) 结构：干式空芯；
 - f) 重量：约 75kg；

- 2) 高压电抗器 DK-15H/1.5A 32 节
- g) 额定电流: 1.5A
- h) 额定电压: $\leq 22\text{kV}$
- i) 电感量: 15H
- j) 品质因素: $Q \geq 35$ ($f=45\text{Hz}$);
- k) 结构: 干式空芯;
- l) 重量: 约 24kg;

4. 油式电容分压器 FRC-500kV/500pF (分两节) 1 台

- a) 额定电压: 500kV;
- b) 高压电容量: 500pF
- c) 介质损耗: $\text{tg} \sigma \leq 0.5\%$;
- d) 分压比: 3000: 1
- e) 测量精度: 有效值 1.5 级;
- f) 重量: 单件 35kg+35kg+25kg, 总重约 95kg;

七、供货清单一览表

配置设备一览表

序号	设备名称	型号及规格	单位	数量	备注
1	激励变压器	JLB-36KVA/3kV/6kV	台	2	
		JLB-36kVA/24kV	台	1	
2	变频电源	CTSR-72kW/380V	台	1	
3	高压电抗器	DK-3.3H/7.5A	节	28	
	高压电抗器	DK-15H/1.5A	节	32	部分备用
4	电容分压器	FRC-500kV/500pF	台	1	
5	散热套件		套	1	
6	内部连接线		套	1	