

LYYD2000-1080kVA/220kV 变频串联谐振耐压试验装置 (技术方案)



1、变频串联谐振基本原理：

1. 1 谐振耐压试验是利用电抗器的电感与被试品电容组成 LC 串联回路，调节变频电源输出的电压频率，实现串并联谐振，在被试品上获得高电压，是当前高电压试验的一种新方法，深受专家好评，在国内外已经得到广泛的使用。

2、变频串联谐振试验装置特点：

2. 1 变频串联谐振试验装置具有输出容量大，输出电压高、可任意组合电抗器针对不同试品的交流耐压试验。

2. 2 变频串联谐振试验装置具有体积小、重量轻、特别方便野外试验。

2. 3 变频串联谐振试验装置具有保护功能好、有过压保护、过流保护、时间保护、闪络保护、过热保护、模块保护等功能。

2. 4 变频串联谐振试验装置具有操作极具简单，并具有手动和自动两档。

2. 5 变频串联谐振试验装置采用大屏幕、使试验数据一目了然，并可打印试验结果。
2. 6 变频串联谐振试验装置具有试品击穿后无过电压之虞，对试品的损坏相当小。
2. 7 变频串联谐振试验装置试验所需电源容量小，仅是工频变压器试验所需电源容量的几分之一，解决现场电源难找的问题。

3、适用范围：

3. 1 满足 500mm²/35kV 交联电缆，长度 6km 的交流耐压试验。
3. 2 满足 500mm²/10kV 交联电缆，长度 12km 的交流耐压试验。
3. 3 满足 50000KVA/35kV 及以下变压器的交流耐压试验。
3. 4 满足 35kV 开关、GIS、互感器的交流耐压试验。
3. 5 满足 132kV 变压器的交流耐压试验。

4、使用环境条件：

4. 1 环境温度：-10℃~40℃
4. 2 相对湿度：不大于 90%
4. 3 海拔高度：2500 米以下

5、装置容量确定：

5. 1 500mm²/35kV 交联电缆，长度 6km 的交流耐压试验，额定电容量 0.232uF/km，试验频率为 30-300Hz，最高试验电压 52kV。

$$\text{试验电流 } I=2\pi fCU_{\text{试}}=2\pi \times 35 \times 0.232 \times 6 \times 10^{-6} \times 52 \times 10^3=15.9\text{A}$$

$$\text{对应电抗器电感量 } L=1/\omega^2C=14.8\text{H}$$

5. 2 500mm²/10kV 交联电缆，长度 12km 的交流耐压试验，额定电容量 0.438uF/km，试验频率为 30-300Hz，最高试验电压 22kV。

$$\text{试验电流 } I=2\pi fCU_{\text{试}}=2\pi \times 35 \times 0.438 \times 12 \times 10^{-6} \times 22 \times 10^3=25.4\text{A}$$

$$\text{对应电抗器电感量 } L=1/\omega^2C=3.9\text{H}$$

5. 3 50000KVA/35kV 及以下变压器，最大等效电容量 0.05uF，试验频率为 45-65Hz，最高试验电压 72kV。

$$\text{试验电流 } I=2\pi fCU_{\text{试}}=2\pi \times 45 \times 0.05 \times 10^{-6} \times 72 \times 10^3=1.02\text{A}$$

$$\text{对应电抗器电感量 } L=1/\omega^2C=250\text{H}$$

5.4 35kV 开关、GIS、互感器的交流耐压试验, 最大等效电容量 0.02 μ F, 试验频率为 45-200Hz, 最高试验电压 95kV。

$$\text{试验电流 } I=2\pi fCU_{\text{试}}=2\pi \times 45 \times 0.02 \times 10^{-6} \times 95 \times 10^3=0.54\text{A}$$

$$\text{对应电抗器电感量 } L=1/\omega^2C=626\text{H}$$

5.5 132kV 变压器, 最大等效电容量 0.0128 μ F, 试验频率为 45-65Hz, 最高试验电压 220kV。

$$\text{试验电流 } I=2\pi fCU_{\text{试}}=2\pi \times 45 \times 0.0128 \times 10^{-6} \times 220 \times 10^3=0.8\text{A}$$

$$\text{对应电抗器电感量 } L=1/\omega^2C=978\text{H}$$

※: 根据以上试验电压、电流、频率、电感量即设计 12 节电抗器, 则单节电抗器为 30kV/3A/40H。

验证 1: 500mm²/35kV 交联电缆, 长度 6km 的交流耐压试验, 额定电容量 1.392 μ F, 试验频率为 30-300Hz, 最高试验电压 52kV。

☆: 使用 12 节电抗器二串六并, 此时电抗器额定电感量为 13.3H, 额定电压为 60kV, 额定电流为 18A。

$$\text{试验频率 } f=1/2\pi\sqrt{LC}=1/(2 \times 3.14 \times \sqrt{13.3 \times 1.392 \times 10^{-6}})=\underline{37\text{Hz}}$$

$$\text{试验电流 } I=2\pi fCU_{\text{试}}=2\pi \times 37 \times 1.392 \times 10^{-6} \times 52 \times 10^3=\underline{16.8\text{A}}$$

验证 2: 500mm²/10kV 交联电缆, 长度 12km 的交流耐压试验, 额定电容量 5.256 μ F, 试验频率为 30-300Hz, 最高试验电压 22kV。

☆: 使用 10 节电抗器并联, 此时电抗器额定电感量为 4.0H, 额定电压为 30kV, 额定电流为 30A。

$$\text{试验频率 } f=1/2\pi\sqrt{LC}=1/(2 \times 3.14 \times \sqrt{4 \times 5.256 \times 10^{-6}})=\underline{34.7\text{Hz}}$$

$$\text{试验电流 } I=2\pi fCU_{\text{试}}=2\pi \times 34.7 \times 5.256 \times 10^{-6} \times 22 \times 10^3=\underline{25.2\text{A}}$$

验证 3: 50000KVA/35kV 及以下变压器, 最大等效电容量 0.05 μ F, 试验频率为 45-65Hz, 最高试验电压 72kV。

☆: 使用 5 节电抗器串联, 此时电抗器额定电感量为 200H, 额定电压为 150kV, 额定电流为 3A。

$$\text{试验频率 } f=1/2\pi\sqrt{LC}=1/(2 \times 3.14 \times \sqrt{200 \times 0.05 \times 10^{-6}})=\underline{50.3\text{Hz}}$$

$$\text{试验电流 } I=2\pi fCU_{\text{试}}=2\pi \times 50.3 \times 0.05 \times 10^{-6} \times 72 \times 10^3=\underline{1.2\text{A}}$$

验证 4: 35kV 开关、GIS、互感器的交流耐压试验, 最大等效电容量 0.02 μ F, 试验频率为 45-200Hz, 最高试验电压 95kV。

☆: 使用 4 节电抗器串联, 此时电抗器额定电感量为 160H, 额定电压为 120kV, 额定

电流为 3A。

$$\text{试验频率 } f = 1/2 \pi \sqrt{LC} = 1/(2 \times 3.14 \times \sqrt{160 \times 0.02 \times 10^{-6}}) = \mathbf{89\text{Hz}}$$

$$\text{试验电流 } I = 2 \pi f C U_{\text{试}} = 2 \pi \times 89 \times 0.02 \times 10^{-6} \times 95 \times 10^3 = \mathbf{1.06A}$$

验证 5: 132kV 及以下变压器，最大等效电容量 0.0128uF，试验频率为 45-65Hz，最高试验电压 220kV。

☆:使用 10 节电抗器串联加 1 台 220KV/0.005uF 电容并联在试品上,此时电抗器额定电感量为 400H,额定电容量为 0.0178uF,额定电压为 300kV,额定电流为 3A。

$$\text{试验频率 } f = 1/2 \pi \sqrt{LC} = 1/(2 \times 3.14 \times \sqrt{400 \times 0.0178 \times 10^{-6}}) = \mathbf{59.6\text{Hz}}$$

$$\text{试验电流 } I = 2 \pi f C U_{\text{试}} = 2 \pi \times 59.6 \times 0.0178 \times 10^{-6} \times 220 \times 10^3 = \mathbf{1.5A}$$

总结:装置容量定为 **1080kVA/220KV**;分 12 节电抗器,电抗器单节为 **90kVA/30kV/3A** 通过组合使用能满足上述被试品的试验要求。

6、设备配置一览表

名称	规格型号	单位	数量	外形尺寸(mm)	重量(kg)
变频电源	60kVA	台	1	750×600×1250	95
励磁变压器	60kVA/1.5kV×4	台	1	680×450×750	185
高压电抗器	30kV/3A//40H	台	12	φ 330×470	(每台)65
电容分压器	220kV/0.001uF	台	1	φ 150×1500	28
补偿电容器	220kV/0.005uF	台	1	φ 200×1600	38
均压罩	220kV	只	3		(每只)3
绝缘支架	10kV	只	1		3
绝缘支架	110kV	只	1		8
附件		套	1		10

7、主要功能及参数:

7.1 变频谐振试验装置系统参数:

- 7.1.1. 输入电压: 380V±10% 50Hz;
- 7.1.2. 额定容量: 1080kVA;
- 7.1.3. 额定输出电压: 0-220kV (360KV 可选);

7. 1. 4. 谐振电压波形：正弦波、畸变率： $\leq 0.5\%$ ；
7. 1. 5. 输出电压不稳定性： $\leq 0.5\%$ ；
7. 1. 6. 输出频率范围：25~320Hz；
7. 1. 7. 频率调节分辨率：0.01Hz；
7. 1. 8. 品质因数 Q 值：额定负载下不小于 50；
7. 1. 9. 绝缘水平：1.2 倍额定电压耐压 1min；
7. 1. 10. 额定电流下连续运行时间不低于 30 min；
7. 1. 11. 电压测量精度：1 级；
7. 1. 12. 噪 声： $\leq 45\text{dB}$ ；
7. 1. 13. 该装置配备以下保护功能：

设备有手动试验、自动调谐及自动试验；

过电压保护、过电流保护、放电保护、断电保护、零启动保护。

试验数据大屏幕显示、中文菜单、可打印输出、打印机为嵌入式。

7. 2 调频电源：



7. 2. 1. 额定输出容量：60kVA；
7. 2. 2. 输入电源：380V $\pm 10\%$ 50Hz；
7. 2. 3. 额定输入电流：176A；
7. 2. 4. 额定输出电压：0-400V 可调、单相、输出电压不稳定性 0.05%；
7. 2. 5. 额定输出电流：150A；
7. 2. 6. 频率调节范围：25~320Hz；
7. 2. 7. 额定容量下连续运行时间为规定工作时间内最高温升 $\leq 60\text{K}$ ；

7. 2. 8. 显示以下参数：

- a. 经变频输出的频率、电压、电流；
- b. 过压保护电压值，并可任意整定，当成套装置的输出电压值达到保护整定时，可自动切除成套装置；
- c. 过流保护：当调频电源的输出电流达到保护整定值时，可自动切除成套装置；
- d. 击穿保护：当高压侧发生对地闪络时，可自动切除成套装置，装置带有隔离装置，可确保设备和人身不受损害；
- e. 具有全电压输出保护，在调压过程中，一旦调压失控，调频电源立即闭锁；

7. 2. 9. 可实现以下操作：

- a. 频率的调节，上升和下降频率调节分粗调和细调两种，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；
- b. 带有设置电压、设置时间，电压自动上升到设置值而停止并自动计时；
- c. 带有各种保护功能的整定按钮，可在面板上对各种保护值进行整定；
- d. 带有手动试验功能和自动试验功能；
- e. 带有试验数据打印功能。

7. 3 励磁变压器



7. 3. 1. 结构形式：油浸式；

7. 3. 2. 额定容量：60kVA；

7. 3. 3. 输入电压：400V；

7. 3. 4. 输出电压：2kV/4kV/8kV；

7. 3. 5. 额定输出电流：30A/15A/7.5A；

7. 3. 6. 工作频率：30~300Hz；

7. 3. 7. 额定容量下连续运行时间为规定工作时间内，线圈对空气的温升不大于 60K；

7. 4 高压电抗器 30kV/3A



- 7. 4. 1. 结构形式：干式、环氧浇铸；
- 7. 4. 2. 额定容量：90kVA；
- 7. 4. 3. 额定电压：30kV；
- 7. 4. 4. 额定电流：3A；
- 7. 4. 5. 额定电感量：40H；
- 7. 4. 6. 工作频率：30~300Hz；
- 7. 4. 7. 额定容量下连续运行为规定工作时间下，电抗器对空气的温升不大于 60K；
- 7. 4. 8. 性能及特点：电抗器设计干式、环氧浇铸，电抗器可以自由方便叠装。环氧树脂绝缘筒外壳，具有足够的电气、机械强度，必要的散热能力以及油热胀冷缩的裕度。外壳上下盖板，颜色为橘红色。

7. 5 电容分压器



- 7. 5. 1. 结构形式：电容式；
- 7. 5. 2. 额定电压：220kV；

- 7. 5. 3. 额定电容量：1000pF；
- 7. 5. 4. 工作频率：30~300Hz；
- 7. 5. 5. 测量精度：≤1.0%；
- 7. 5. 6. 性能及特点：
 - a. 额定电压下可连续运行 2 小时。
 - b. 在 30~300Hz 范围内，其精度和稳定度保持不变。
 - c. 在 20℃温度下电容分压器介质损耗值≤0.0025
 - d. 电容分压器配有支撑底架，具有足够的稳定性。
 - e. 电压测量通过专用测试引线引至调频电源进行测量。

7. 6 补偿电容器



- 7. 6. 1. 结构形式：电容式；
- 7. 6. 2. 额定电压：220kV；
- 7. 6. 3. 额定电容量：5000pF；
- 7. 6. 4. 工作频率：30~300Hz；

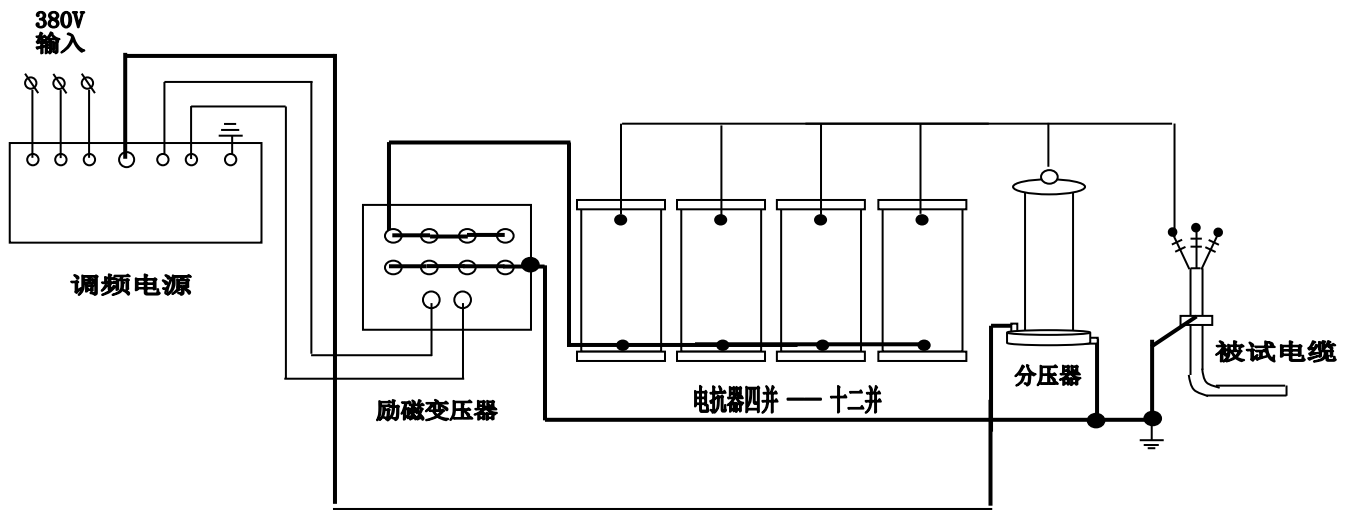
8、设备制造引用和执行标准

DL/T849.6—2004	高压谐振试验装置；
GB 6450—1986	干式电力变压器；
DL/T848.2—2004	试验变压器；
GB/10229—1988	电抗器；
GB/T11920—1989	控制装置通用技术条件；
GB/T16927.1—1997	高电压试验技术；

IEC358—1990

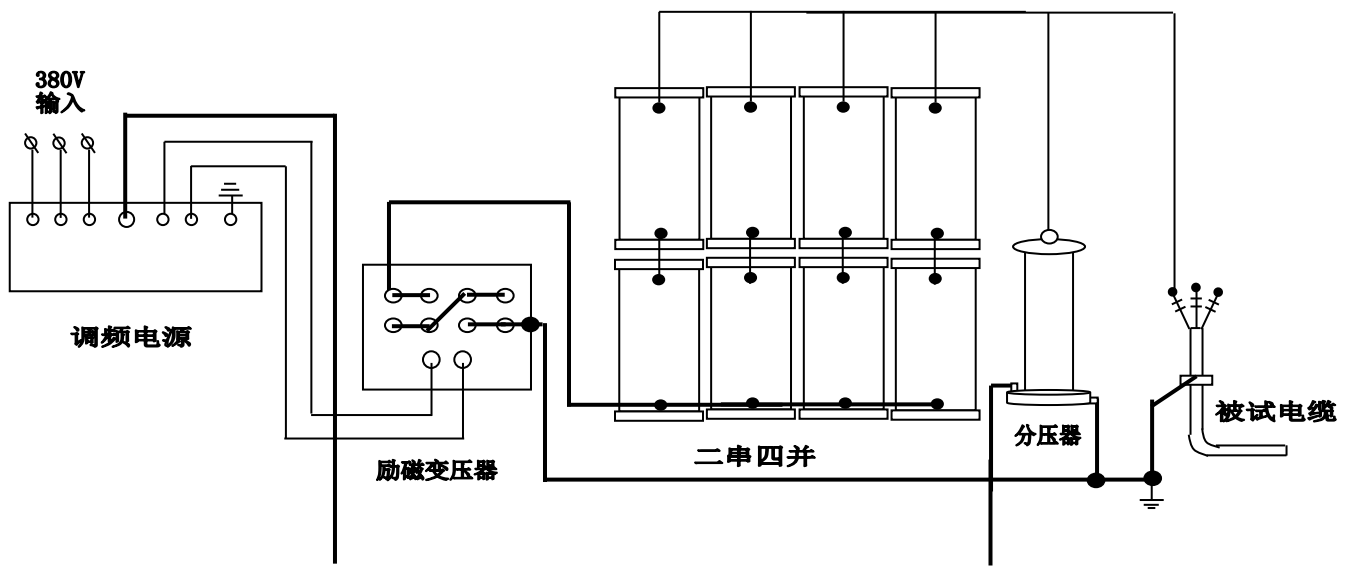
耦合电容器和电容分压器。

(二) 10KV 电缆的交流耐压接线图



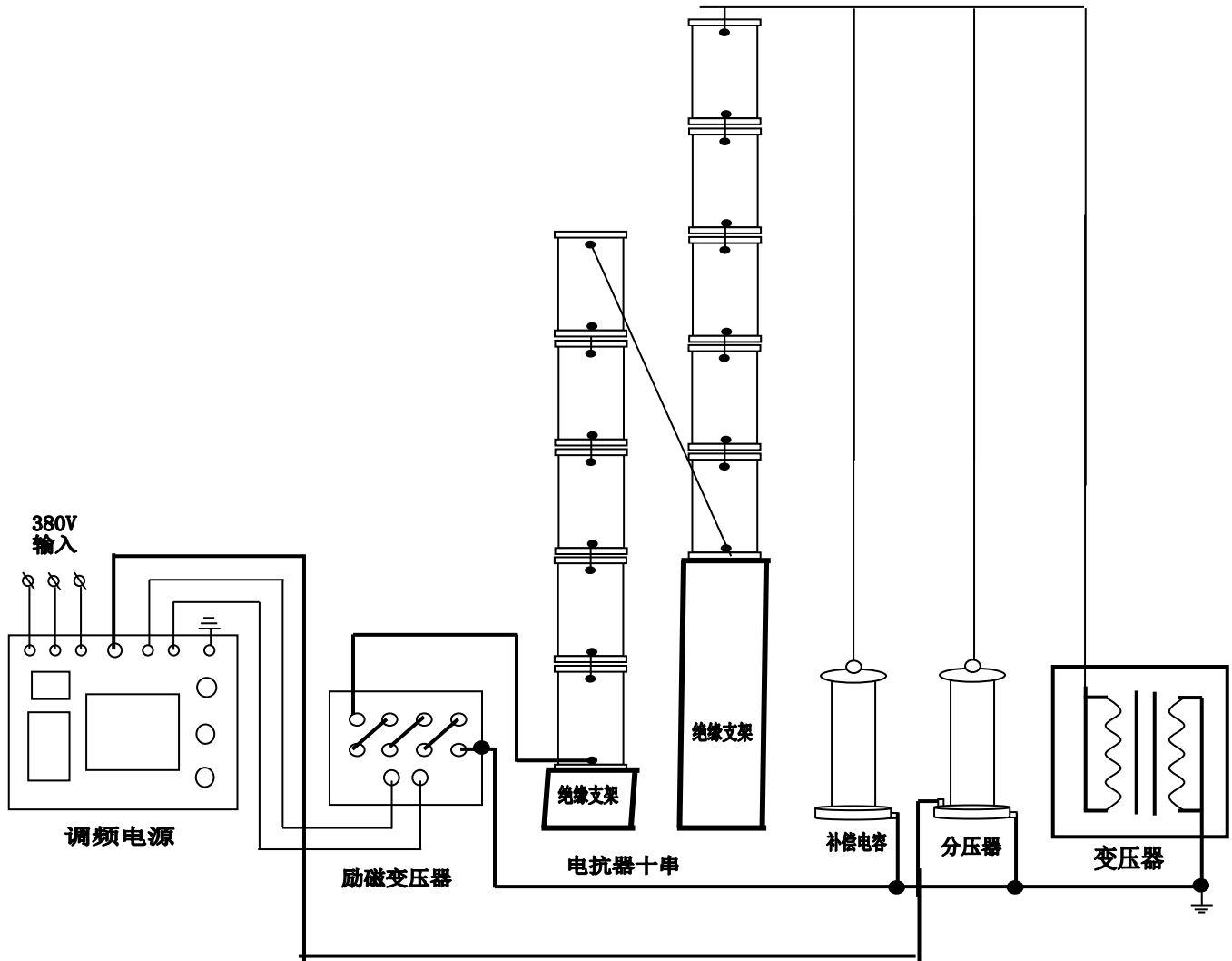
依据电缆长度并联电抗器的个数。

(三) 35KV 电缆的交流耐压接线图



依据电缆长度并联电抗器的个数。

(四) 132KV 变压器的交流耐压接线图



上海来扬电气科技有限公司

电话：021-56774665, 13801861238