



高电科技
HIGH VOLTAGE TECHNOLOGY

www.hzhv.com



HIGH VOLTAGE TECHNOLOGY

CTWJ-F200kW

无局放变频谐振试验系统

使用说明书

杭州高电科技有限公司

HANGZHOU HIGH VOLTAGE TECHNOLOGY CO.,LTD

电话：0571-89935600 传真：0571-89935608

适用范围

满足三相 220kV/100MVA（低压 35kV，空载损耗 $\leq 100\text{kW}$ ）电力变压器的感应耐压及局放试验；

1、系统的基本配置

| 序号 | 设备名称 | 型号及规格 | 单位 | 数量 | 备注 |
|----|----------|--------------------|----|----|---|
| 1 | 无局放变频电源柜 | PFTS-200 | 台 | 1 | $\leq 10\text{pC}$ ，推挽放大式，输出电压：0~350V |
| | 电源控制箱 | (光纤连接) | 台 | 1 | 变频电源工况及高压测量和保护信息显示 |
| | 变频电源控制光纤 | | 根 | 2 | 20m/根 |
| | 高压测量终端 | | 套 | 1 | 高压信号采样用，含 20 米测量光纤 |
| | 运输捆绑器 | | 套 | 1 | |
| | 专用工具 | | 套 | 1 | 简易晶体管测试仪、功放板专用抽取工具 |
| | 防雨防尘保护罩 | | 只 | 1 | |
| 2 | 无局放励磁变压器 | WJFB-L200 | 台 | 1 | 200kVA， $\leq 10\text{pC}$ ，90min，45~300Hz， 低压：300V/350V/400V $\times 2$ 高压：35kV/2.86A $\times 2$ |
| | 输出线 | 10m/根 $\times 4$ 根 | 套 | 1 | |
| 3 | 无局放补偿电抗器 | WJFL-B350/35 | 台 | 2 | 35kV，10A，5.6H，90min 100Hz， $\leq 10\text{pC}$ |
| | 支撑底架 | | 只 | 2 | |
| | 防雨防尘保护罩 | | 只 | 1 | |
| 4 | 无局放电容分压器 | ZGSF-A100 | 套 | 1 | 100kV，500pF， $\leq 10\text{pC}$ ， 纯交流，1.0级 |
| | 多功能峰值电压表 | | 只 | 1 | |
| | 屏蔽测量线 | | 套 | 1 | 低压臂至峰值表(20米)，配三通可接至测量终端再引至变频电源进行测量 |
| | 均压环 | | 套 | 1 | 100kV |
| | 铝合金包装箱 | | 套 | 1 | 电容器、峰值表及均压环用 |

| | | | | | |
|---|-------------|--------------------------|---|---|-------------------|
| 5 | 附件 | | 套 | 1 | 接地导线,电抗器连接线,吊带,吊具 |
| 6 | 低压电缆 | 95mm ² /50m/根 | 根 | 3 | |
| | | 95mm ² /5m/根 | 根 | 2 | |
| 7 | 低压电缆线盘 | | 套 | 1 | 用于收放电源线 |
| 8 | 主变套管 均压罩 | 220kV | 只 | 3 | 配包装箱 |
| | | 110kV | 只 | 3 | |
| 9 | 局放仪 | TWPD-2621-H | 套 | 1 | 数字式,两通道 |

2、系统使用的环境条件

- 1) 环境温度: -10℃~+50℃
- 2) 最大日温差: <25K
- 3) 相对湿度: ≤90%, 无凝露
- 4) 太阳辐射强度: 0.1W/cm²
- 5) 海拔高度: ≤1000m
- 6) 使用地点: 户外/户内
- 7) 无火灾及爆炸危险。
- 8) 不含有腐蚀金属和绝缘的气体存在。
- 9) 有一可靠接地点。
- 10) 安装放置地点平坦, 电抗器安装倾斜度不大于 5°。

3、系统技术规范

3.1 系统主要技术参数

- 1) 额定容量: 200kW
- 2) 输入工作电源: 三相 380V±10%, 50Hz
- 3) 输出电压不稳定性: ≤1%
- 4) 额定输出电流: 571A
- 5) 输出电压波形: 标准正弦波
- 6) 波形畸变率: ≤1.0%
- 7) 试验频率范围: 30~300Hz
- 8) 输出频率分辨率: 0.1Hz
- 9) 输出频率不稳定性: ≤0.05%

- 10) 绝缘水平: 输入、输出端子对地 $\geq 3\text{kV/AC/1min}$
- 11) 冷却方式: 强迫风冷
- 12) 噪声: $\leq 80\text{dB}$

3.2 成套设备规范

3.2.1 成套装置的所有金属外壳均采用防腐蚀、防锈蚀的材料制成，结构坚固、牢靠。外表面有防止金属氧化的涂层，涂层均匀美观。设备能在户外条件下正常工作，其外壳防护等级符合 IP66 的要求。

3.2.2 主要部件均有符合国标的 stainless steel 铭牌及端子标志。字样、符号清晰耐久，铭牌在设备正常运行时其安装位置明显可见。

3.2.3 装置中的充油设备在经正常情况的运输后，不会出现渗漏油现象。

3.2.4 成套装置具有手动试验（自动调谐）、自动试验模式。

3.2.5 成套装置的控制设备、励磁变压器及其高压电抗器在 1.2 倍额定电压下，高压侧试品或设备对地闪络时，不会对人身造成伤害，试验设备不会出现有害的机械或热应力以及电气性能损伤或损坏。

3.2.6 具有大屏幕显示，可指示：输出电压、输出电流、频率、环境温度、出口风温、变频电源输出电压波形、日期时间、倒计时时间、故障信息等显示。

3.2.7 保护功能完备，装置的保护功能如下：

- **输入电压保护：**当输入电源欠压、不平衡或缺相，则控制箱内相应的保护电路动作，切断高压输出，并屏显上提示报警。
- **桥臂电压保护：**四个功放桥臂的直流工作电压不平衡时，控制箱自动报警或关闭系统，同时显示四个桥臂电压便于检查故障管区域。
- **过电压保护：**可任意整定，当成套装置的输出电压值达到保护整定值时，自动切断输出，并在屏幕上提示报警。
- **短路（过流）保护：**当变频柜输出短路或输出电流达到保护整定值时，可自动切断输出，并在屏幕上提示报警。
- **击穿闪络保护：**当高压侧发生放电或对地闪络时，可自动切断输出。
- **零位保护：**必须零起升压，否则输出不会启动。
- **掉电保护：**当输入电源突然断电时，系统利用电路中的剩余电量及时关闭输出信号，确保系统安全关闭。
- **失谐保护：**当被试品因内部缺陷而参数发生变异导致试验系统失谐，控制箱自动关闭输出。

- **超温保护**：出入口风温实时显示在屏幕上，并根据环境温度的不同由单片机进行数据处理，如变频柜超温，将发出报警信息。
- **功效保护（功率曲线保护）**：通过测量输出电压、电流之比，监测负载阻抗。如阻抗低于设定值，保护将动作，自动切断高压输出，防止变频柜过流。并屏显上提示重新调整励磁变输出，达到合适的阻抗匹配再进行试验。
- **冷却风机联动保护**：当风机因故障不能运转时，变频电源则不能启动或自动切断输出。同时具备风机电源相序自动识别功能，无需换相。
- **输出电压限制功能保护**：当设定高压电压，在试验中，当误操作升高电压或者有异常情况发生时，确保输出的电压不会超过设定的高压电压。
- **运输抗震保护**：在变频柜体底部设计有抗震动的碟型弹簧，缓冲路面不平引起的震动。
- **缺相保护**：当输入电源缺相时，无法正常工作时，屏幕上显示缺相，同时关闭系统。
- **变频器过载保护**：当输出电流超过整定电流时，控制箱自动关闭变频电源的输出，此时有相应的提示。
- **控制箱全隔离操作安全保护**
在进行试验时，如出线控制箱及光纤故障，变频电源柜保护部分自动动作，切断输出，保证人身、试品安全。
- **并联续流保护功能**
变频电源具备反向续流回路，当并联使用状态下，一台变频电源故障，切断输出的情况下，另一台变频电源的反向续流回路能够在纳秒级内工作，增加正常工作变频电源的输出功率，使整个试验回路不突然断电，防止对试品造成冲击，能够使输出自动匀速降低至零。

4、系统执行标准

| | |
|----------------|-------------------------------------|
| GB7354-2003 | 《局部放电测量》 |
| 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》 |
| GB1094 | 《电力变压器》 |
| JB/T9641-1999 | 《试验变压器》 |
| JB/T501 | 《变压器试验技术》 |
| GB2536 | 《变压器油》 |

| | |
|-----------------|-----------------------------|
| GB7328 | 《变压器和电抗器的声级测定》 |
| GB7449 | 《电力变压器和电抗器的雷电冲击试验和操作冲击试验导则》 |
| GB10237 | 《电力变压器绝缘水平和绝缘试验外绝缘的空气间隙》 |
| GB5273 | 《变压器、高压电器和套管的接线端子》 |
| GB/T15164 | 《油浸式电力变压器负载导则》 |
| GB10229 | 《电抗器》 |
| DL/T846-2004 | 《高电压测试设备通用技术条件》 |
| GB/T16927-1997 | 《高电压试验技术》 |
| GB/T.311-1997 | 《高压输变电设备的绝缘与配合》 |
| IEC1000 | 《电磁兼容性》 |
| IEC358 | 《耦合电容器和电容分压器》 |
| GB5027 | 《电力设备典型消防规程》 |
| GB4109 | 《交流电压高于 1000V 的套管通用技术条件》 |
| GB/T2423.8-1995 | 《电工电子产品基本环境试验规程》 |
| GB4793-1984 | 《电子测量仪器安全要求》 |
| GB2900 | 《电工名词术语》 |
| GB4208 | 《外壳防护等级》 |
| GB191 | 《包装贮运标志》 |

5、主要部件的技术规范及性能参数

5.1 无局放变频电源柜

5.1.1 单台技术参数 PFTS-200 1 台

- 1) 输入电源：三相 380V \pm 10%，50Hz
- 2) 额定输出功率：单相 200kW
- 3) 额定输出电压：0~350V，连续可调
- 4) 额定输出电流：571A
- 5) 输出波形：纯正正弦波
- 6) 波形畸变率： \leq 1.0%
- 7) 输出电压不稳定性： \leq 1.0%
- 8) 输出频率：30~300Hz



- 9) 冷却方式: 强迫风冷
- 10) 输出频率分辨率: 0.1Hz
- 11) 输出频率不稳定性: $\leq 0.05\%$
- 12) 允许运行时间: 额定容量下允许运行时间 $\geq 90\text{min}$
- 13) 允许温升: 在额定负载下, 连续工作 90min, 出风口温升 $\leq 25\text{K}$
- 14) 局部放电量: 额定电压和额定电流下 $\leq 10\text{pC}$
- 15) 绝缘水平: 输入、输出端子对地 (或外壳) $\geq 3\text{kV/AC/1min}$
- 16) 冷却方式: 强迫风冷
- 17) 噪音水平: $\leq 80\text{dB}$
- 18) 尺寸及重量: 约 $1800*800*1500\text{mm}^3$; 1T

5.1.2 性能及结构特点

1) 变频电源具有抗电场干扰能力, 在强电场干扰下, 测量精度与控制保护满足要求。具有良好的磁屏蔽, 元件、引线均采用高导磁材料屏蔽, 无空间辐射。

2) 具备完善的保护功能 (详见 3.2.7)

输入电压保护、桥臂电压保护、过电压保护、短路 (过流) 保护、击穿闪络保护、零位保护、功率曲线保护、掉电保护、失谐保护、超温保护、功效保护、冷却风机联动保护、控制箱全隔离操作安全保护、运输抗震保护、输出电压限制功能保护、变频器过载保护。

3) 变频电源采用高保真线性功率放大原理, 不存在 IGBT 开关电路引起的高次谐波, 保证完全正弦波输出和极低的电子干扰信号, 保证极低的局放量 ($\leq 10\text{pC}$)。

4) 变频电源配备专用引线和插头与其它设备进行连接, 包括与电源连接的专用动力电缆, 与励磁变压器联接的低压电缆, 与控制箱和分压器联接的光缆 (另有备用回路的多芯电缆和专用测量电缆) 及专用接地线组等。

5) 保证可靠性的措施

① 特殊的防震处理

- 变频电源在柜体底部底座装有蝶形弹簧构成的防震支脚, 确保运输过程中的弹性减震, 又满足使用时的刚性支撑。单个支撑脚能够承载 5 吨, 减震间隙 2mm, 能够在工地现场颠簸路面有效缓解运输对变频电源的冲击。
- 变频电源所有的固定用螺丝为不锈钢螺丝, 每个螺丝均采用增加弹簧垫圈的方式缓



解运输震动，能够进一步加强固定。不锈钢螺丝可够避免环境恶劣引起的生锈而带来的检修维护困难。

- 采用国际名牌菲尼克斯的专用防震接线端子，并配进口螺丝胶，确保设备运输时端子不松动。
- 变频电源顶部设有四个吊点，并配置专用装车带，有专用包装箱，保证变频电源运输时稳定。
- 生产环节所有的电缆均采用“高含量银焊条”焊接，而不是采用压接的方式。焊接的方式改变，即使在任何情况下，电缆与接头部位为一个整体，不会出现接头松动，导致接头发热情况。
- 进行长时间模拟震动试验，震动当量为 1.2 倍负重。

② 特殊的散热措施

变频柜散热采用直通风道，热风从侧面吹出，增大负压空间，装有**德国进口 Ebmpaste 低噪音风扇**，入口与出口温差小于 25K，没有风扇界区死点问题，使功放管工作更安全；风道设防尘移动门。**确保额定输出下 10 分钟内即达到热平衡**。垂直风道的设计可以在现场露天微雨的状态下完成试验；在移动平台内试验还可加强车辆内空气的循环，有利于整体的散热。



③ 进口器件品质保证

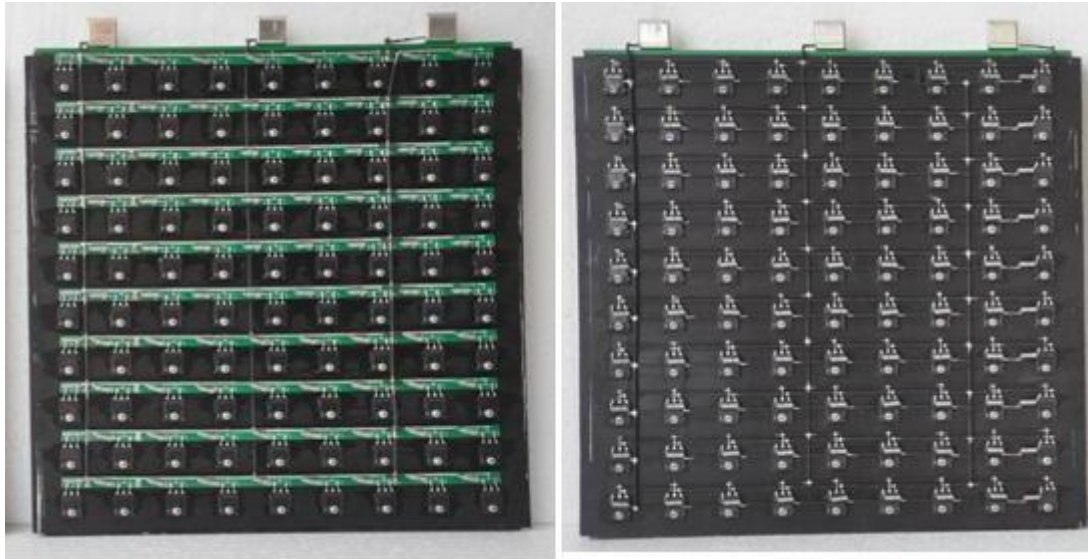
| 名称 | 规格 | 说明 |
|--------|----------------------------|---|
| 转换开关 | 瑞典 ABB | 原装进口，瑞典生产。 |
| 工业控制器件 | 瑞典 ABB | 快速动作，能够承受 120%负载 |
| 散热风扇 | 德国 Ebmpaste | 原装德国生产，风量大，噪音低 |
| 电气接插件 | 德国 PHOENIX | 德国工艺，确保变频电源在工作中、运输中、恶劣的自然环境中、高压强电磁环境中电气连接可靠 |
| 光电转换器 | 美国 安捷伦 | 效率高，信号稳定 |
| 光纤插头 | 德国 欧度 ODU | 连接可靠，信号稳定，确保光电转换效率 |
| 控制箱按钮 | 台湾 DECA | 百万次按动，无损伤 |
| 显示屏 | 台湾 Winstar | 强阳光下，可以清晰显示 |
| 电容器 | 美国 CDE | 稳定可靠，高频吸收效率高，损耗低。 |
| 三极管 | 美国 FairChild | 原装美国生产，目前能够稳定供货 |

| | | |
|-----|--------|---------------|
| 传感器 | 瑞士 LEM | 稳定可靠，同类品牌国际最好 |
|-----|--------|---------------|

注：我公司的材料 90%以上为国际知名品牌的供货，其余的国产供货为“军工级”元件，或者同类型产品。

④ 功率器件的严格筛选和老炼处理

功放板现采用专业的电路板连接（左下图），相比较普通的导电连接（右下图）而言，电路板连接更加可靠，可通过机器批量生产，避免人工焊接带来的虚焊，在大电流工作时能够长时间稳定运行，每个三极管增加了导热硅脂，增大了散热面积。



变频电源功率放大回路采用美国 FairChild 大功率三极管，其设计配置的功放管总功率留有足够余量。出厂前进行**满负荷试验（见左下图）**，分别进行纯感性无功负荷试验，纯电容性无功负荷试验，电阻电容性混合无功负荷试验，电阻电感性混合无功负荷试验。其中，无功功率超过负荷重量的 20%。出厂试验时经过 3 次变频电源（**满负荷**）出口金属对地短路考验，以提高承受瞬时短路电流冲击的能力，短时过载大于 120%。**功放管上机前全部经过强化老炼筛选（见右下图）**，在 120℃ 恒定的高温下，施加 2 倍工作电压和 1.5 倍工作电流进行筛选，测试三极管的放大倍数、负载功率和耐受电压。设有均流电路，保证不同放大倍数的三极管工作电流相差不超过 5%。



6) 操作安全性：设有电源合闸、分闸和**紧急分闸**按钮。对电源的预合闸采用自动方式进行，待电源内部的电容器预充电后自动接通主回路，可防止用户误操作。



7) 接口配置

输入（左下图）、输出（右下图）端子连接方便可靠；主回路同时配置有真空断路器和隔离刀闸；（具有**明显断开点**）具有局放仪同步电源（100V，100W）及信号接口，并配置熔丝保护；提供输出电压信号监视接口；通讯光缆专用接口；配有示波器、分压器等电源接口（220V/500VA），并配置熔丝保护。

配置局放仪频率同步信号线 1 根，用于局放仪频率信号同步。

配置变频电源 220V 输出线 1 根，带插线板，用于局放仪、控制箱及分压器峰值表供电。



8) 结构特点

- 变频电源柜具有吊环方便起吊及运输紧固，并具备弹性减震支撑脚，所有柜门均安装橡胶密封条防尘降噪。
- 主回路保护取样，取消了电阻采样，使用专用的传感器，触发时间小于 1 微秒，输出端故障时，可在 20 微秒内关闭直流主回路，2 微秒内关闭推动信号，在各类故障下，**100% 保证不损坏大功率管**。
- 由于大功率管的温度性能较差，较大功率输出时，温升加大，三极管的放大倍数增加，导致输出电压漂移，要靠试验人员不断调整输出电压，这一问题早期产品无法解决。现在用单片机的软件实现电压自动调整，保证输出电压的稳定。
- 变频电源的信号源由专用芯片产生，并由单片机控制，输出频率稳定，调节更细。所有的数据显示在一块大屏幕的液晶屏上。

9) 电源控制箱

变频电源控制箱配置 1 只

① 完全隔离模式

变频电源柜与变频电源控制箱、高压分压器之间均采用光纤联接，因而实现控制单元与高压单元的完全隔离！控制箱内部采用了多种电磁兼容屏蔽措施和多重保护，在试

品闪络或设备放电瞬间，可确保控制箱本身不因放电而损坏，并可靠保障操作人员的人身安全。

本体、保护与控制、显示部分分开，本体、保护为一整体，控制、显示为另一整体。控制、显示部分轻便小巧，易于携带。

②控制箱

变频电源控制和高压测量一体化，可显示高压测压信息和变频电源工况信息，方便现场监控。具体操作控制功能如下：

- a、设有启动、停止和紧急分闸按钮；
- b、设有升压和降压粗、细调功能，调节速率可设定；
- c、设有频率粗、细调功能，调节速率可设定；
- d、设有散热风机方向自动选择功能；
- e、自动和手动试验选择（自动调谐，自动升压和降压等）。
- f、具有自动、手动试验模式（可设定试验电压、试验时间，自动调谐，自动升压和降压等），自动试验方式为自动调谐——自动升压——自动恒压及计时——自动降压。
手动试验模式也具备自动调谐和自动计时等功能；
- g、具有试验时间设定功能，定时时间范围为0~99分钟，计时精度±0.1秒，时间段末提供声音提示试验人员。
- h、显示内容包括：功放桥臂电压；变频电源输出电压、电流、频率，相位及输出波形；高压输出电压；出、入口风温；各类保护设定及动作、状态信息等。

5.2 无局放励磁变压器

5.2.1 技术参数

WJFB-L200 **1 台**

- 1) 低压绕组额定容量: 200kVA
- 2) 低压绕组: 300V/350V/400V×2
- 3) 工作频率: 45~300Hz
- 4) 高压绕组额定电压: 35kV/2.86A×2
- 5) 结构形式: 单相油浸自冷, 铁外壳,
高压套管引出
- 6) 运行时间: 额定容量连续运行 90min
- 7) 冷却方式: ONAN
- 8) 额定电压下局放量: ≤10pC
- 9) 绝缘水平: 输入绕组 5kV/5min; 输出绕组 1.1 倍额定电压/1min
- 10) 尺寸及重量: 约 1700*1200*1400mm³; 1T



5.2.2 结构特点

- 1) 高、低压绕组及铁芯间均设静电屏蔽层, 既为励磁变压器, 又是隔离变压器; 变压器上部设呼吸油囊。变压器的组、部件如套管、阀门等的结构及布置位置, 不防碍吊装、运输及运输中紧固定位, 同时与变压器高压、低压套管有足够的电气安全距离, 在使用时不产生局部放电和电晕放电。
- 2) 变压器器身上有可承受变压器总重的吊钩(及固定拉环), 配套运输固定装置, 同时提供低压绕组相互组合时的联接铜母线。
- 3) 变压器有符合国标的铭牌, 铭牌用耐腐蚀材料制成, 字样、符号清晰耐久, 铭牌在设备正常运行时其安装位置明显可见。
- 4) 变压器内部结构在经过正常的铁路、公路运输、吊装后紧固件不松动。
- 5) 油浸铁壳式密封结构, 外表面涂漆保护。

5.3 无局放补偿电抗器

5.3.1 技术参数

WJFL-B350/35 **2 台**

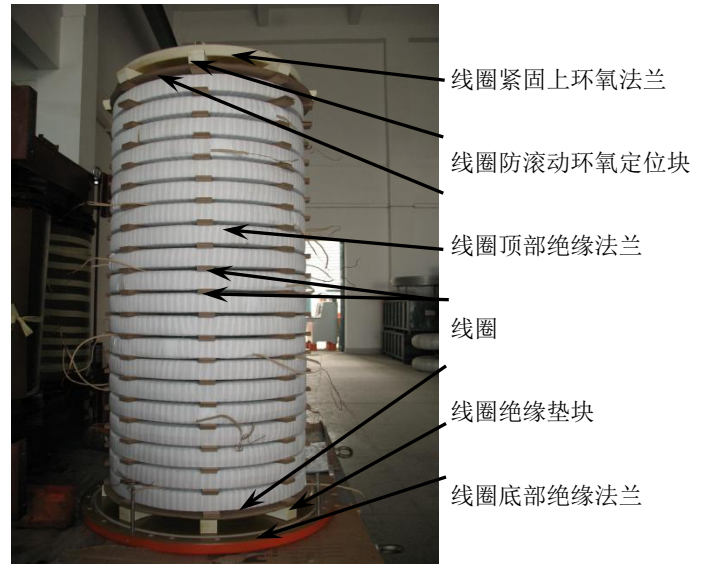
- 1) 额定电压: 35kV
- 2) 额定电流: 10A
- 3) 额定容量: 350kvar
- 4) 额定电感量: 5.6H



- 5) 绝缘水平: 1.1Un/min
- 6) 局部放电量: 额定电压下的局部放电量 $\leq 10\text{pC}$
- 7) 噪音水平: $\leq 65\text{dB}$
- 8) 连续工作时间: 额定电流下连续工作时间 90min
- 9) 尺寸及重量: 约 680×1100mm; 500kg

5.3.2 性能特点

- 1) 电抗器的设计采用空芯式结构，漆包导线绕组，油浸自冷式。
- 2) 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。
- 3) 外壳上下盖板、上下法兰均采用不导磁或反磁性板，电抗器配备可靠的起吊专用设施。



电抗器内部总装结构

- 4) 电抗器配有底部起吊的吊带及吊环，并配有电抗器运输固定装置。
- 5) 电抗器内部结构考虑在经过正常的铁路、公路运输后相互位置不变，紧固件不松动。

5.4 无局放电容分压器

5.4.1 技术参数 ZGSF-A100 1 台

- 1) 额定电压: 100kV
- 2) 额定电容量: 500pF
- 3) 工作频率: 20~300Hz
- 4) 测量精度: 1.0 级
- 5) 绝缘水平: 1.1Un/1min ACs
- 6) 局部水平: 在额定电压下 $\leq 10\text{pC}$
- 7) 尺寸及重量: 约 $\Phi 160 \times 800\text{mm}$; 约 10kg



5.4.2 性能特点

- 1) 额定电压下可连续运行 90min。
- 2) 在 20~300Hz 范围内，其精度和稳定度保持要求不变。
- 3) 电容温度系数: 分压器电容温度系数 $\leq \pm 5 \times 10^{-4}\text{k}$; 高低压电容温度系数所造成分压比的偏差 \leq 准确级限值的 1/2。

- 4) 结构：C1 为环氧筒外壳油纸绝缘结构电容器；低压臂选用温度系数、频率系数和高压臂相同的材料。
- 5) 频率系数：在工作频率范围内，最大频率分压比和最小频率分压比之比值 ≤ 1.005 。
- 6) 电压测量通过专用测试引线引至无局放变频电源柜进行测量。