



高电科技
HIGH VOLTAGE TECHNOLOGY

www.hzhv.com



HIGH VOLTAGE TECHNOLOGY

CTWJ-F300kW

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

WJFY-F300 无局放变频谐振试验系统

适用范围

满足三相 220kV/180MVA（低压 $\leq 35\text{kV}$ ，空载损耗 $\leq 150\text{kW}$ ）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-300	台	1	$\leq 10\text{pC}$ ，推挽放大式，输出电压：0~350V
	电源控制箱	(光纤联接)	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-L300	台	1	300kVA， $\leq 10\text{pC}$ ，90min，45~300Hz， 低压：300V/350V/400V $\times 2$ 高压：35kV/4.28A $\times 2$
	输出线	10m/根 $\times 4$ 根	套	1	
3	无局放补偿电抗器	WJFL-B525/35	台	2	35kV，15A，3.7H，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, 接地棒, 吊带, 吊具
6	低压电缆	120mm ² /50m/根	根	3	
		120mm 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: 300kW
- 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: 857A
- 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: $\leq 0.05\%$
- 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的不锈钢铭牌及端子标志。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-300 1 台

- 1) 输入电源：三相 380V \pm 10%，50Hz
- 2) 额定输出功率：单相 300kW
- 3) 额定输出电压：0~350V，连续可调
- 4) 额定输出电流：857A
- 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 $1800*800*1800\text{mm}^3$; 约 1.2T

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

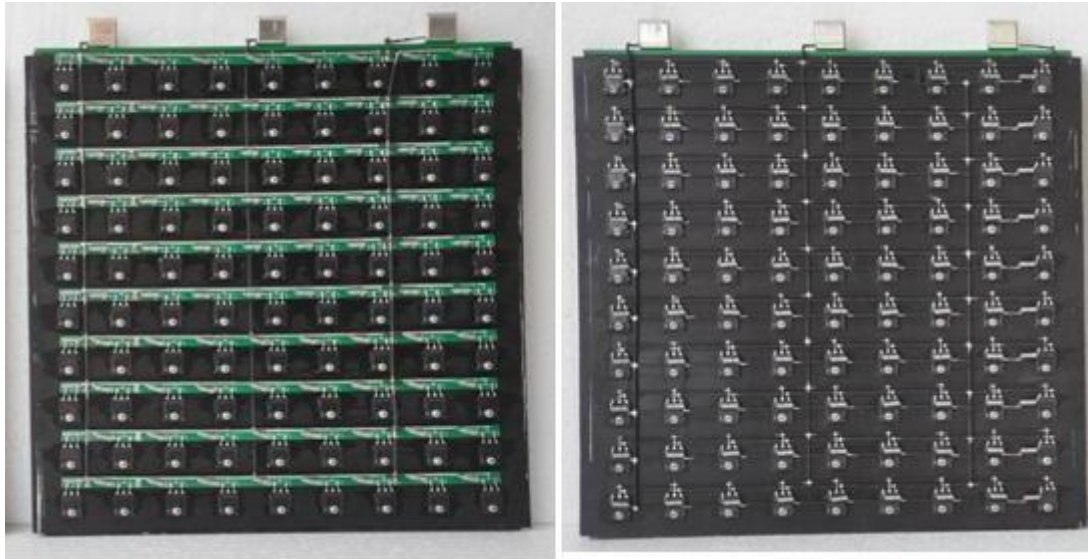
名称	规格	说明
转换开关	瑞典 ABB	原装进口，瑞典生产。
工业控制器件	瑞典 ABB	快速动作，能够承受 120%负载
散热风扇	德国 Ebmpaste	原装德国生产，风量大，噪音低
电气接插件	德国 PHOENIX	德国工艺，确保变频电源在工作中、运输中、恶劣的自然环境中、高压强电磁环境中电气连接可靠
光电转换器	美国 安捷伦	效率高，信号稳定
光纤插头	德国 欧度 ODU	连接可靠，信号稳定，确保光电转换效率
控制箱按钮	台湾 DECA	百万次按动，无损伤
显示屏	台湾 Winstar	强阳光下，可以清晰显示
电容器	美国 CDE	稳定可靠，高频吸收效率高，损耗低。
三极管	美国 FairChild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

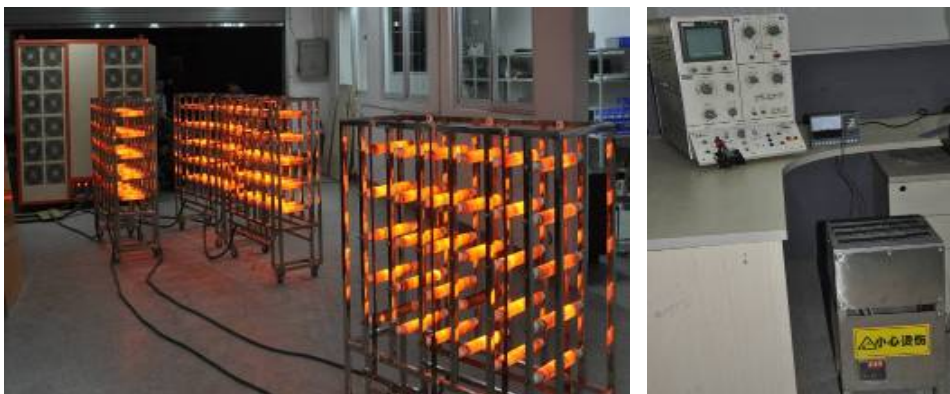
注：我公司的材料 90%以上为国际知名品牌的供货，其余的国产供货为“军工级”元件，或者同类型产品。

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-L300 **1 台**

- 1) 低压绕组额定容量: 300kVA
- 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/4.28A×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/3min
- 10) 尺寸及重量: 约 2000*1200*1600mm³; 约 1.7T



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-B525/35 **2 台**

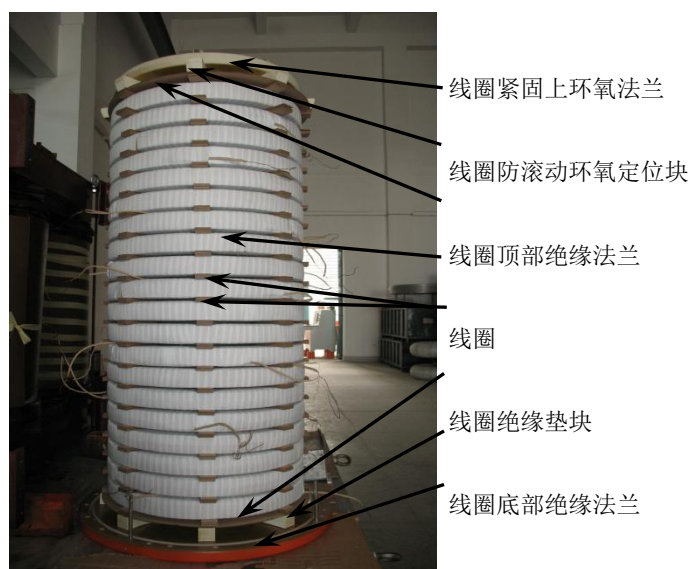
- 1) 额定电压: 35kV
- 2) 额定电流: 15A
- 3) 额定容量: 525kvar
- 4) 额定电感量: 3.7H



- 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 $\Phi 700*1000\text{mm}$; 约 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 AC
- 6) 局部水平: 在额定电压下 $\leq 10\text{pC}$
- 7) 尺寸及重量: 约 $\Phi 160*800\text{mm}$; 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 ≤ 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。