**尊敬的顾客**

感谢您购买本公司产品。在您初次使用该仪器前，请您详细地阅读本使用说明书，将可帮助您熟练地使用本仪器。

我们的宗旨是不断地改进和完善公司的产品，因此您所使用的仪器可能与使用说明书有少许的差别。若有改动，我们不一定能通知到您，敬请谅解！如有疑问，请与公司售后服务部联络，我们定会满足您的要求。

由于输入输出端子、测试柱等均有可能带电压，您在插拔测试线、电源插座时，会产生电火花，小心电击，避免触电危险，注意人身安全！

## ◆ 慎重保证

本公司生产的产品，自发货之日起三个月内，如产品出现缺陷，实行包换。一年（包括一年）内如产品出现缺陷，实行免费维修。一年以上如产品出现缺陷，实行有偿终身维修。

## ◆ 安全要求

请阅读下列安全注意事项，以免人身伤害，并防止本产品或与其相连接的任何其它产品受到损坏。为了避免可能发生的危险，本产品只可在规定的范围内使用。

*只有合格的技术人员才可执行维修。*

**—防止火灾或人身伤害**

**使用适当的电源线。**只可使用本产品专用、并且符合本产品规格的电源线。

**正确地连接和断开。**当测试导线与带电端子连接时，请勿随意连接或断开测试导线。

**产品接地。**本产品除通过电源线接地导线接地外，产品外壳的接地柱必须接地。为了防止电击，接地导体必须与地面相连。在与本产品输入或输出终端连接前，应确保本产品已正确接地。

**注意所有终端的额定值。**为了防止火灾或电击危险，请注意本产品的所有额定值和标记。在对本产品进行连接之前，请阅读本产品使用说明书，以便进一步了解有关额定值的信息。

**请勿在无仪器盖板时操作。**如盖板或面板已卸下，请勿操作本产品。

**使用适当的保险丝。**只可使用符合本产品规定类型和额定值的保险丝。

**避免接触裸露电路和带电金属。**产品有电时，请勿触摸裸露的接点和部位。

**在有可疑的故障时，请勿操作。**如怀疑本产品有损坏，请本公司维修人员

进行检查，切勿继续操作。

**请勿在潮湿环境下操作。**

**请勿在易爆环境中操作。**

**保持产品表面清洁和干燥。**

## -安全术语

警告：警告字句指出可能造成人身伤亡的状况或做法。

小心：小心字句指出可能造成本产品或其它财产损坏的状况或做法。

# 安 全 警 告

- 使用高压试验设备的工作人员必须是具有【高压试验上岗证】的专业人员。
- 使用本设备请用户必须按《电力安规》第168条之规定操作，并在工作电源进入本设备前加装两个明显断开点，当接线或更换被试品时应先将两个断开点明显断开。
- 试验人员严格遵守所有安全预防措施。试验区域必须有明显、清晰的警示标语，现场任何人都该知道高压区域。在试验过程中，任何人不得进入高压区域。
- 试验前请检查变频电源柜、控制箱、励磁变、电容分压器和被试品的接地是否接好，试验回路接地线应按本说明书所示一点接地。
- 在试验开始加压之前，试验人员必须详细而全面的检查一遍线路，以免线路接错。特别应关注接地线，高压回路连线是否牢固连接。
- 试验过程中发生异常现象，应首先切断电源，再作进一步处理。

# 目　录

前言 ..... 7
1　概述 ..... 7
2　使用及存储条件 ..... 8
3　系统特点 ..... 8
4　主要性能指标 ..... 9
5　工作原理 ..... 10
6　主要部件功能说明 ..... 12
6.1　变频柜 ..... 12
6.2　电源控制 ..... 15
6.3　变频电源柜中的控制部分 ..... 16
6.4　推动板和同步放大板 ..... 16
6.5　光纤连接及高压测量终端 ..... 17
6.6　高压测量终端（备选器件、此设备不具有此器件） ..... 18
6.7　操作控制台面板及操作钮功能说明 ..... 17
7　操作步骤 ..... 23
7.1　使用前准备 ..... 23
7.2　系统的连接 ..... 23
8　自动 ..... 26
9　变频电源装置的应用 ..... 30
9.1　局部放电试验（以变压器的局部放电试验为例） ..... 30
9.2　串联谐振耐压试验 ..... 31

10 注意事项 ..... 32
11 日常维护 ..... 34
12 一般故障的分析和处理 ..... 35
13 设备运输和起重 ..... 40
14 调试界面 ..... 40
15 出厂状态说明 ..... 41

## 前言

感谢您的信任，选择并使用WJF系列无局放变频电源装置！本公司全面的为您提供技术支持与服务。

本说明书简要的介绍了WJF 系列无局放变频电源装置及有关如何操作该产品的背景信息。WJF 系列无局放变频电源装置是我公司照国际标准自主设计、开发、制造的高品质、多功能、低噪声试验电源，能满足不同的工况需求。敬请妥善保管，以备查找。

在使用WJF 系列无局放变频电源装置之前，请认真阅读本说明书，在阅读本说明书或产品使用中如有疑惑，可向我公司咨询。我们将非常感谢您能就本设备存在的欠缺提出宝贵的意见并反馈给我们，以利于我们将产品做更好。

开箱时，请确认以下项目：

| 确认项目 | 确认方法 |
| --- | --- |
| 与订购的产品是否一致 | 请确认正面的铭牌 |
| 是否有受损的地方 | 查看整体外观，检查运输中是否受损 |
| 螺丝等紧固部分是否松动 | 必要时，用螺丝刀检查一下 |

如有不良情况，请与本公司联系。

## 1　概述

无局放变频电源可用于所有电气设备的交流耐压试验和局部放电试验。利用励磁变压器激发串联或并联谐振回路，通过调节变频电源的输出频率，使得回路中的电抗器电感 L 和试品电容 C 发生谐振，谐振电压即为试品上所加电压。或通过中间变压器直接输出至变压器初级进行感应耐压试验。

WJF-300 无局放变频电源是成套试验系统中的主要部件，该试验系统适用于：

1.1　电力变压器的感应耐压和局部放电试验。

1.2　互感器等交流耐压和局部放电试验。

1.3　电力电缆交流耐压试验。

1.4　GIS 组合电器交流耐压试验。

1.5　断路器、隔离开关、绝缘子、套管等容性设备的交流耐压试验。

1.6　适用于大型发电机组工频耐压试验。

1.7　适用于大型地网测试用电源。

## 2　使用及存储条件

2.1　海拔高度不超过 1000m

2.2　温度－20℃~+45℃，相对湿度不大于 90%（20℃时），从一个环境换到另一个环境温差不大于25℃

2.3　无导电尘埃存在

2.4　无火灾及爆炸性危险

2.5　不含有腐蚀金属和绝缘的气体和蒸汽

2.6　无剧烈碰撞和强烈颠簸

2.7　风速＜12m/s

2.8　设有一可靠接地点，电源侧应不遭受来自外部的过电压

## 3　系统特点

3.1　试验的等效性好。本装置输出即为正弦波，波形失真度小。波形畸变率＜3%，不同于其他类型的变频电源装置（其他类型的变频电源装置为方波输出，经过波形整形而成的正弦波）。所以，本装置在试验过程中，不需要测量峰值。

3.2　采用光纤方式控制，彻底将高压和低压控制回路隔离。

3.3　体积小、重量轻、搬运灵活、非常适合现场使用。

3.4　操作简洁方便、接线简单，能够提高工作效率50%(相对于发电机组方式）。

3.5　安全可靠，本装置内集合了多种保护。包括：放电击穿保护、过电压整定保护、输出短路保护、开机零位保护、桥臂放大回路保护、功率曲线保护等。当任何一种保护出现时，装置立即断开试验电压输出，切断主回路电源，确保试验人员、被试品以及试验系统的安全。

3.6　本装置中的信号源由专用芯片产生，采用微机控制，输出频率稳定性高，可以到达 0.01Hz。

3.7　变频输出电压由TI 公司的高速微机控制，输出电压的不稳定度＜1%。

## 4　主要性能指标

4.1　额定输入电压：三相交流 400V±10%，50Hz

4.2　额定输出功率：单相 300kW

4.3　输出频率范围：20Hz～300Hz，连续可调

4.4　额定输出电压：0～350V，连续可调

4.5　额定输出电流：0～857A，连续可调

4.6　频率不稳定度：≤0.05%

4.7　电压不稳定度：≤1.0%

4.8　非线性失真度：≤1%

4.9　局部放电量：≤10pC（在升压变高压侧测量）

4.10　工作条件：温度－10℃~+45℃、湿度：10－90%RH、海拔高度：≤1000 米

4.11　冷却方式：强制风冷

4.12　外形尺寸：1800×800×1800

4.13　重量：1800kg

4.14　噪音水平：＜ 85dB

## 5　工作原理

变频电源装置的大功率输出采用逐级放大的原理。从最初的微小功率的信号源,经过多次放大，实现大功率输出，满足试验需要。

信号源用可变频的函数发生器产生一个标准的正弦波信号经过数字电位器进行电压调节，此过程也是在试验过程中的频率调节和电压调节。此时的频率与试验频率相同，频率和电压的调节在信号源部分实现。信号源的输出直接推动“前级功放”，有初步功率输出，此“前级功放”中分为两路，其中一路产生与试验频率相同的“同步电源”，供给局放仪；另外一路用于推动“桥式功放电路”（下图 2）。“桥式功放电路”也就是大功率产生的主要部分，在试验过程中其发热量很大，需要一个风冷系统来散热。

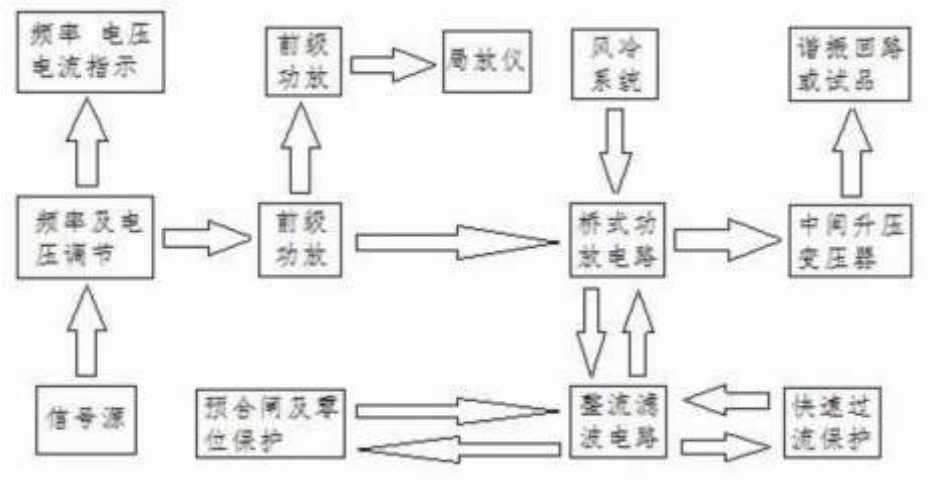



图 1　UHV (W)型变频电源装置工作原理流程图

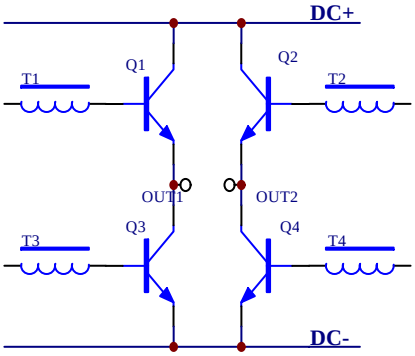



图 2　变频电源装置桥式放大电路原理图

图 2 中，Q1～Q 4 为四个等效三极管，分别对应变频电源的四个桥臂。每个桥臂由数千只三极管并联组成，并采取了有效的均流措施。正半周时，前级放大信号通过推动变压器（T1～T4）作用于 Q1～Q4 三极管的基极，Q2，Q3 截止；Q1，Q4 导通，电流由Q1至负载再到 Q4 形成正弦波的正半周。负半周时模拟信号推动 Q2，Q3 的基极，Q1，Q4 截止,Q2，Q3 导通， 电流由 Q3 至负载再至 Q2 形成正弦波的负半周，从而在负载上构成一个完整的正弦波。

“桥式功放电路 ”还需要大功率的直流电源作为工作电源。本装置的电源直接取自三相 380V 交流电源，经具有过流和速断保护的真空开关送入三相桥式整流电路，变成脉动直流，经滤波电感和滤波电容组成的滤波电路将脉动直流变为平滑的直流电源供给“桥式功放电路 ”。由于滤波电容器的电容量达到数万微法，直接合闸，充电电流很大，可能造成总电源开关跳闸。故在装置中增加预合闸回路。先经小电流向滤波电容充电，待电容充电电流较小时再合闸，无较大的启动冲击电流。当分闸后，滤波电容上的储存的电荷通过放电电阻缓慢地释放。在本装置使用时，风扇启动、预合闸、合闸过程全部自动完成，不需要逐步操作（按动控制箱的“启动 ”按钮即可）。

整个装置保护回路是由“快速过流保护 ”部分控制“桥式放大电路 ”的直流

工作电源，当发生故障时快速切断工作电源，保护后级回路。

“桥式功放电路”的输出端（OUT1、OUT2）同中间升压变压器的低压端相连，中间升压变压器的高压端同试验回路相连。在试验回路与中间升压变压器中不会造成开路状况，且始终存在一个能量释放通道。由此可见，无论变频电源内部故障或外部电源突然停电，被试变压器或谐振回路并没有切断，与传统试验变压器完全不同，不存在电流强制过零，本装置不会产生过电压。

## 6 主要部件功能说明

### 6.1 变频柜

变频电源柜产生大功率的可以调节频率和电压的电源，主要由多个三极管并联组成。同时还有交流控制部分和整流滤波回路，以及保护回路。该部分的元件数量多，结构复杂，是整个变频电源装置的大功率输出部分。变频柜由64 块散热板组成，分四个桥臂，每个桥臂由 16 块散热板组成，当有三极管损坏时，报警该桥臂故障。三极管安装在散热板下方。

图 3　变频柜外观图

（1）风道网门　　（2）风道门　　（3）机柜中门

（4）输出端接线盒　　（5）柜体减震脚

6.1.1 风道网门　在使用时请保持通风良好；

6.1.2 风道门　在使用时打开此门并远离风道口妥善放置，保持风道畅通，使用完之后关上此门。

6.1.3 机柜中门　在使用时请关闭此门；

6.1.4 输入端接线盒见图 4；

6.1.5 三个接线端子为交流 380V 三相输入，不分相序，不接零线

图（4）输入接线盒

6.1.6 输出端接线盒见图 5

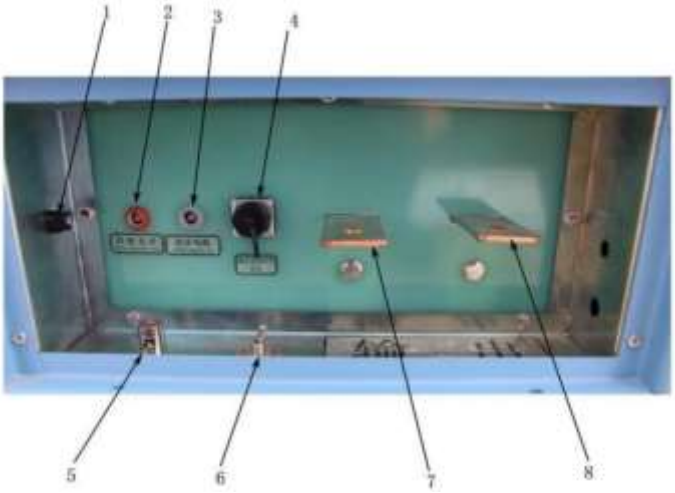



图 5 输出接线盒

（1）隔离电源熔断器　（2）控制光纤插孔　（3）同步电源输出插孔

（2）隔离电源输出插孔　（5）接地端柱　（6）滤波器切换开关

（7）OUT1 输出铜牌　（8）OUT2 输出铜牌

6.1.7 隔离电源输出插孔 ：输出隔离 220V 隔离电源；

6.1.8 同步电源输出插孔 ：提供 100V/100W 同步电源（用于局部放电测试仪外同步）；

6.1.9 隔离电源熔断器：2A 熔断器；

6.1.10　接地端；

6.1.11　局放滤波器切换开关：当供电电源有漏电保护器时需要将开关置于【滤波断开】状态；

6.1.12　光纤通讯连接口：与控制箱相接；

6.1.13　变频电源输出 OUT1：**警告：严禁接地！**

6.1.14　变频电源输出 OUT2：**警告：严禁接地！**

## 6.2　电源控制

变频电源装置的输入通过一个有速断功能的空气开关与市电相连，合闸接触器可以通过控制箱实现远端合闸控制。另外一个有速断功能的小电流开关，用于控制变频电源装置中的小电流回路（例如控制回路电源、风机电源等等）。

图（6）小电流回路开关

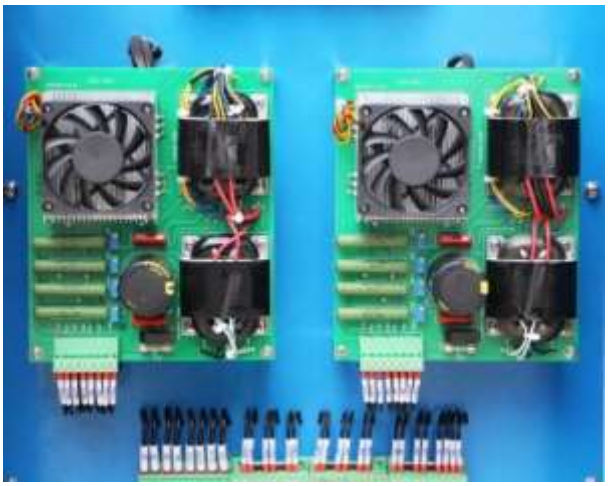
图（7）电源总开关

## 6.3　变频电源柜中的控制部分

变频电源装置中的信号源和低压控制回路集中在控制器内部电路板上，它们直接同控制箱通过光纤来进行通讯。并且接受控制箱中的发送的信号来控制整个变频电源装置。该部分安装在屏蔽盒中见图8。工作时，控制器内必须先接通电源（也就是总电源开关和控制回路开关需要全部合上）。接通电源后，“控制器”中发出短促的报警声，表示控制箱没有电源，光纤通讯异常。当光纤通讯正常时，该声音消失。**控制部分上有温控开关，请按照指示来操作。**

## 6.4　推动板和同步放大板

推动板是把控制器里信号源产生的小信号进一步放大来推动后面的大功率板，是整个放大回路的第二级，是完成升压和调频的重要环节。



## 6.5　光纤连接及高压测量终端

光纤连接线由光纤和光电分离器组成，请注意拔插光纤时手握插头的位置如图 10 右所示。需要插入，应对准好缺口，向内稍微用力即可听到接头自锁的声音。需要拔出（如图 10 所示），往外用力即可把接头轻轻的拔出，切勿用力过猛。变频电源的光纤连接线两头可以颠倒使用。

正确　　错误

光纤为易损器件，在使用光纤连接线时，要特别注意防止光纤线折弯、扭曲、

挤压、践踏；并且远离热源。使用插头时要对准定位缺口，防止强力。使用完后，要收好光纤线，并且放到适当位置，防止受潮、受压。

## 6.6　高压测量终端（备选器件、此设备不具有此器件）

6.6.1 光纤连接线，同控制箱连接

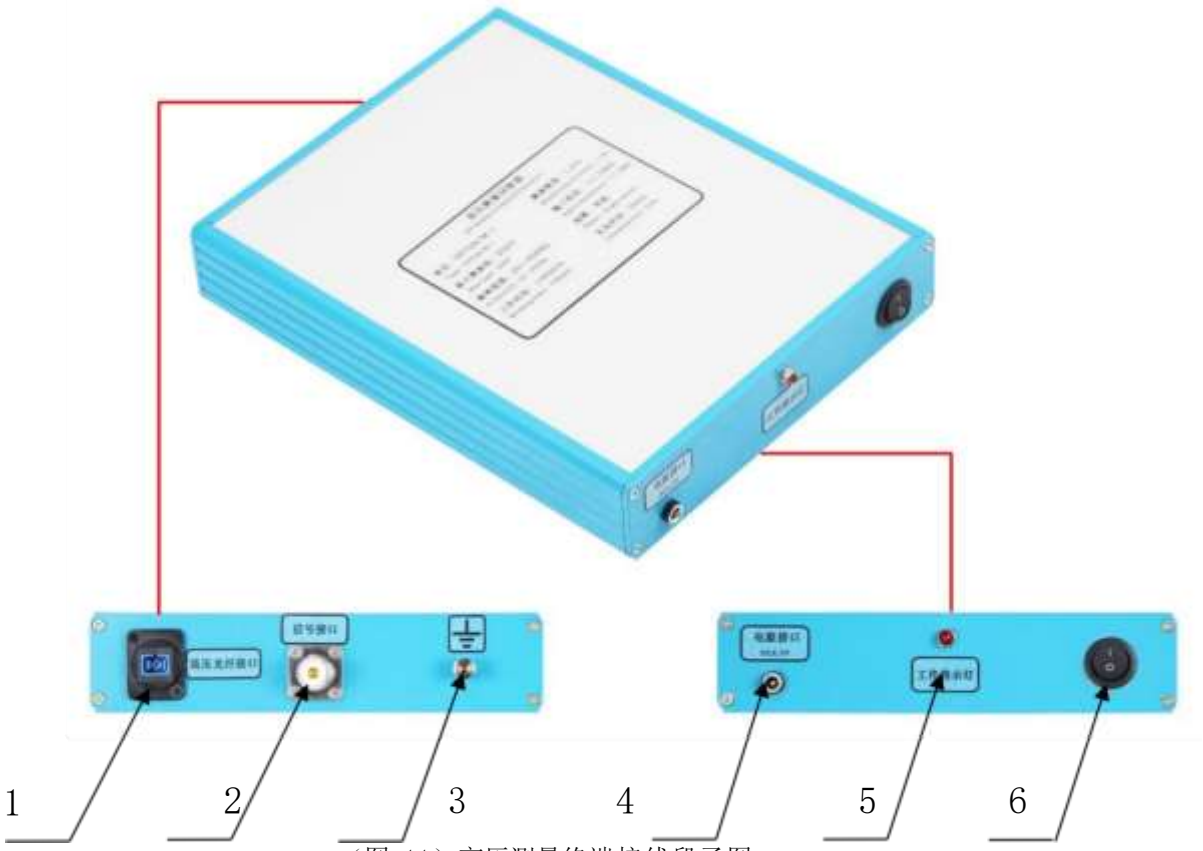
6.6.2 分压器信号专用接口（SL16 接口），当分压器信号采用 SL16 专用接口时，可接入此接口。

6.6.3 接地端 分压器输入，高压经过分压器分压来的低压电接至此端口

6.6.4 电源插口

6.6.5 工作电源指示灯

6.6.6 电源开关，工作完成关闭电源




（图 11）高压测量终端接线段子图

## 6.7　操作控制台面板及操作钮功能说明

6.7.1 控制箱

控制箱是整个装置的核心控制单元，采用高速微机完成整个控制，在屏幕上显示控制信息。整个回路独立供电（交流 220V、50Hz）。可以在铝合金包装箱中工作，不使用时收藏在包装箱中。

6.7.2 控制按钮

6.7.2.1　左上角的二个光纤插孔，通过专用光纤分别与“高压测量系统”和“变频电源”相连，两个插头做了防止误插错处理。

6.7.2.2　右方的两个蘑菇型按钮用于启动变频电源和停止变频电源。启动变频电源时，变频电源装置依次自动完成“风扇启动”、“预合闸”、“合闸”。显示屏上显示“系统启动中……”，当启动完成后，红灯亮，显示“系统已启动，可以升压”。当按下【停止】钮后，变频电源立即跳闸，延迟数秒后（此时变频电源中电容器在释放储存的电荷），风扇停止。

图 13　变频电源装置控制箱光纤插头

6.7.2.3　在下方一排蓝色的按钮，分别为【粗/细调节】、【菜单】、【计时启动】、【自动调谐】。该处按钮是为了控制变频电源装置的功能设置，在后面的叙述中

将一一提到。

图 14　变频电源装置控制按钮 1

6.7.2.4　在右侧的四个黄色按钮分别用于控制变频电源装置，实现调节电压和调节频率。上下按钮分别对应电压调节的升高和降低；左右按钮分别对应频率的降低和升高。如果按下按钮不放，该功能就连续进行。

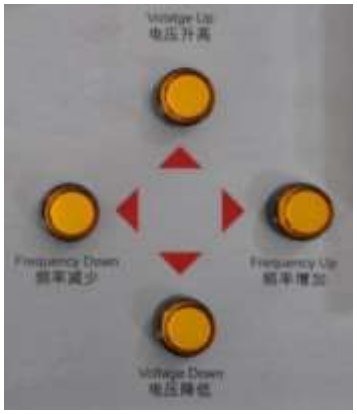



图 15　变频电源装置控制按钮 2

6.7.3 **显示屏**

6.7.3.1　显示屏幕用于监控变频电源装置工作状态，当开机时控制箱中发出连续三声报警声。

6.7.3.2　欢迎界面显示后大约 1~2 秒钟就自动进入工作界面 1，见图 17。

图 1了　变频电源装置工作界面 1

6.7.3.3　当高压测量连接时则自动进入工作界面2，见图 18。

图 18　变频电源装置工作界面 2

6.7.3.4　图 17、18 中所示的部分，左上端的【输出电压】、【输出电流】分别对应变频电源装置的输出电压和电流。

6.7.3.5　右上端的【测试电压】对应为高压分压器测量到的高压侧的电压。测试电压需要通过设置界面中的设定【分压比】来确定。

6.7.3.6　【频率】为变频电源的输出频率，也是高压试验回路的频率。

6.7.3.7　【相位】为输出电压与输出电流之间的相位角（ φ）。相位角<0 时，表示负载为容性，当相位角＞0 时，表示负载为感性。相位角越接近零表示试验回路越接近最佳谐振状态。

6.7.3.8　在右下方显示波形位置为变频电源输出波形，在不同的负载下，波形可能会有所变化。

6.7.3.9　左下方的【粗调】表示电压和频率的调节方式，当启动粗调时，电压和频率的变化很大。可以通过面板上的【粗/细调节】来进行切换。

6.7.3.10 环境温度：显示变频柜冷却风机进风口的温度，当入口风温超过预先设定值时，系统自动报警，显示屏【系统状态】栏显示【异常】。

6.7.3.11 出口风温：显示主从机变频柜冷却风机出风口的温度。当出口风温超过预先设定值时，系统自动报警，显示屏【系统状态】栏显示【异常】。

6.7.4 **菜单操作**

6.7.4.1　通过启动控制箱面板上的【菜单】按钮，进入菜单。菜单显示如图 19 所示，菜单的选择由控制箱中的四个黄色的方向按钮来完成。当菜单选择完毕后，再次按动【菜单】按钮，即可退出菜单。在菜单状态下禁止启动变频电源装置，此时变频电源装置处于不受监控状态。启动变频电源装置后，菜单的功能也被禁止进入。只有在停止灯亮后才可以进行菜单操作。当发生故障时菜单将会被禁止操作，只有重新启动控制箱电源才能够再次进入菜单操作。

图 19　变频电源装置菜单显示

6.7.4.2　当试验回路中不需要测量高压电压或者高压电流，可以通过菜单来选择关闭高压测量回路。**进入菜单必须在欢迎界面时进入，当提示故障时，菜单会被禁止操作。**

6.7.4.3　**控制箱中蜂鸣器**

6.7.4.4 控制箱中内置的蜂鸣器的发声，对应着变频电源装置的不同工作状态；

6.7.4.5 接通电源，控制箱中发出嘀嘀两声；当按动任何一个按钮时，就发出短暂的嘀声；

6.7.4.6 故障时，发出连续的报警声；

6.7.4.7 倒计时即将结束时（距离结束还有十秒钟时），发出报警声。并且倒计时位置闪动提示。

6.7.5 **紧急跳闸**

变频电源装置的控制箱的电源开关可以作为紧急跳闸。当进行试验时需要马上断开高压试验，此时关断控制箱中工作电源就可以立即断开高压试验电源，同时变频电源柜中发出连续短促的蜂鸣声。

## 7 操作步骤

### 7.1 使用前准备

7.1.1 使用前应检查其完好性，连接无松动，连接电缆不应有短路和断路

7.1.2 变频柜的电源隔离开关和控制电源开关应在断开位置

7.1.3 将变频电源柜放置在有利于空间散热且地面平坦的安全位置

### 7.2 系统的连接

7.2.1 采用专配的电源电缆接通三相输入电源。如需延长电源电缆，应考虑充分满足电源的工作电流。

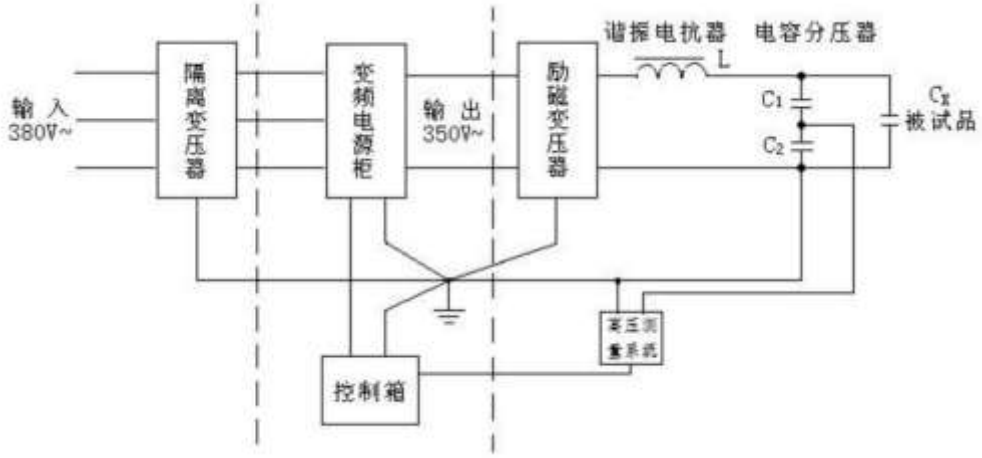



图 20　串联谐振接线示意图

7.2.2 采用专配的光纤通讯光缆连接变频电源柜的【光纤通讯连接口】和控制箱的【光纤】通讯接口。

7.2.3 采用专配的测量信号线将高压分压器信号接入“高压测量系统 ”的输入端，用专配的光纤线连接通过到控制箱的【测量光纤】连接口和“高压测量系统 ”的【光纤连接头】连接口相连接。或直接将分压器测量信号线与另配的交流数字千伏表相连。

7.2.4 采用专配的输出电缆联接变频电源柜与励磁变压器（或中间变压器）。并按试验方案联接所配的电抗器以及高压输出至被试品的联接。

7.2.5 严格按安规要求进行系统安全接地，各部件之间应一点接地严禁接地线相互串联（参见图 20）。

7.2.6 对于有局放要求的试验，在系统连接中尤其是接地和高压输出联接要注意尽量排除或减小局放干扰信号。

## 7.3　启动

7.3.1 预先对“高压测量系统电源 ”充满电，打开电源开关。

7.3.2 接通输入变频柜的三相电源，合上变频柜的隔离开关和控制电源开关

7.3.3 按下控制箱【电源开关】接通电源，系统进入待工作状态。

7.3.4 用户可根据具体试验情况对系统进行参数设置，如是否进行高压测量、分压比、试验电压、整定电压 、试验时间、升压模式等等。

7.3.5 按“启动”按钮，此时变频电源装置启动。在这个过程中依次完成风扇启动、预合闸、合闸。需要大约 5 秒钟，屏幕提示如下图 21所示，屏幕显示“系统启动中……”，数秒钟后屏幕显示“启动完成”，系统进入待升压状态。

图 21　变频电源装置启动时屏幕显示

7.3.6 系统启动完毕后，停止灯灭，启动灯亮，为红色。此时高压回路已经带电。屏幕提示“完成启动”。此时就可以进行升压见图22。

图 22　变频电源装置启动完成界面显示

## 7.4　手动升压

7.4.1 当选择手动试验模式启动后，可根据试验实际情况通过【频率减少】【频率增加】【电压升高】【电压降低】按钮调节到合适的频率和电压。

7.4.2 电压、频率调节过程中可通过【粗/细调节】切换调节速度。

7.4.3 试验过程中，需要计时。按动控制箱面板上的“计时启动 ”。在屏幕的最下角显示倒计时的时间见图23；当计时秒表达到和超过【时间设定值】时系统自动报警。

图 23　变频电源装置倒计时显示

7.4.4 按试验要求升高电压至试验电压，当试验结束后，降低电压至最低，然后按“停止 ”按钮。

图 24　变频电源装置停止后显示

7.4.5 在按动“停止 ”按钮后，变频电源装置先跳开回路开关，切断高压回路电源。5 秒钟后，停止风扇电源。在此过程中，变频电源装置内部储存的电荷得到释放见图 24。

## 8　自动

自动分为“ 自动升压 ”和“ 自动调谐 ”。两个部分独立完成， 自动升压是在调谐完成后将电压升高到试验电压，在没有启动自动调谐时也可以进行自动升压；自动调谐是在低压状态下调整到最佳谐振点，其试验电压低，在手动状态下也可以完成。

### 8.1　自动调谐

8.1.1 **此功能只在串联谐振回路中使用，正确设定测量系统的分压比、试验电压、**

**整定电压和打开高压电压测量功能。**

8.1.2 自动调谐由一个独立的按钮来完成，当启动系统后，按动“ 自动调谐 ”按钮，系统将自动升压到一个初始电压后，按照频率值从低到高以 1Hz为单位扫描，在谐振频率点附件细调寻找精确的谐振点。屏幕显示图25 所示。

图 25 变频电源装置自动调谐显示

8.1.3 如果系统未调谐而显示“调谐结束 ”时，是因为初始电压升得高了；出于安全考虑，系统不进行调谐，此时需要手动降低电压再进行自动调谐。

8.1.4 在进行自动调谐前，必须在菜单中打开高压电压测量。当高压试验回路中谐振点不在 20～300Hz 范围（或者接线错误），自动调谐将不成功。并发出报警信号“ 回路故障 ”。

8.1.5 当发现测试电压很高时，需要停止自动调谐，按动“ 自动调谐 ”按钮。自动调谐就会暂停。

8.1.6 自动调谐是利用在串联谐振回路中，谐振点的电压为最高电压来进行寻找频率点。自动调谐结束后，在屏幕上显示“ 自动调谐结束 ”。如下图26 所示，此时就可以升压。

图 26　变频电源装置自动调谐结束显示

## 8.2　自动升压

⚠ **自动升压前请确保试验回路接线和设置没有错误，并且做好安全措施。时刻注意被试品的状态。**

8.2.1 在启动系统前，按【菜单】按钮进入【系统设置界面】选项（见图 27），将【升压模式】改为【自动】，然后退出菜单。对于试验电压比较低的试验（例如 10kV 电缆进行交流耐压试验），测试电压低，建议不要采用自动升压。

图 2了　变频电源装置设定自动升压菜单

8.2.2 寻找试验回路的谐振频率，屏幕显示的频率就是试验频率。谐振频率可以采取手动查找谐振点，也可以采用自动调谐来查找谐振点（参照9.1）。

8.2.3 当确定谐振点后，按动【电压升高】按钮。自动升压将按照下面的步骤来升压：低于试验电压 75％时，按照每秒 5～10％的试验电压来进行升压；当大于 75％的试验电压时，按照每秒 2％的试验电压来进行升压（见图 28）。在升压至

50％试验电压时，系统将会再次自动调节谐振频率，以达到最佳谐振点。

图 28　变频电源装置自动升压过程显示

8.2.4 当到达试验电压时，屏幕提示“升压结束 ”，倒计时会自动启动。当距离计时结束还有十秒时，控制箱将发出报警声，并且屏幕上的倒计时会闪动(见图29)。试验时间到了，系统会自动降低电压至零，然后切断高压回路电源，最后停止风扇工作。

图 29　变频电源装置自动升压完成后的显示

8.2.5 在试验过程中，当试验电压超过设定的过压整定值，将会发出报警信号，并且断开高压试验回路，同时屏幕上显示【超过过压整定值】，见图 30。

图 30　变频电源装置故障显示

# 9　变频电源装置的应用

## 9.1　局部放电试验（以变压器的局部放电试验为例）

9.1.1 按照图 31 方式接好试验回路，确认无误后方可进行试验。先不接上被试品(包括补偿电抗器)进行空载升压试验，此过程可以校准试验电压，试验电压可以在测量电容上获取。接上被试品后，试验过程中，预先将频率调节至 150Hz。合闸后，升压至20V 左右。然后调节频率，观察输出电流的变化。先启动“频率粗调”，当输出电流减小，就表明频率调节的方向正确；按照这个方向调节，在接近试验频率时，可以启动“频率细调”。直至电流最小，此时的频率就是试验频率（一般的，试验频率不要低于 100Hz）。然后升压到试验电压，在升压过程中要注意试验电流的变化，防止电流激增。适当时，可以微调频率。

9.1.2 在试验过程中，进行调频时，当输出电流没有明显变化。可以采取将试验频率设为 130～150Hz。或者在被试品的低压端添加补偿电抗器（图31所示），此时试验频率可能会高于 150Hz。

9.1.3 通过预先调节中间升压变压器的变比，保持本装置的输出电压在读取局放的试验电压阶段不低于 300V，以降低本装置内部的损耗。

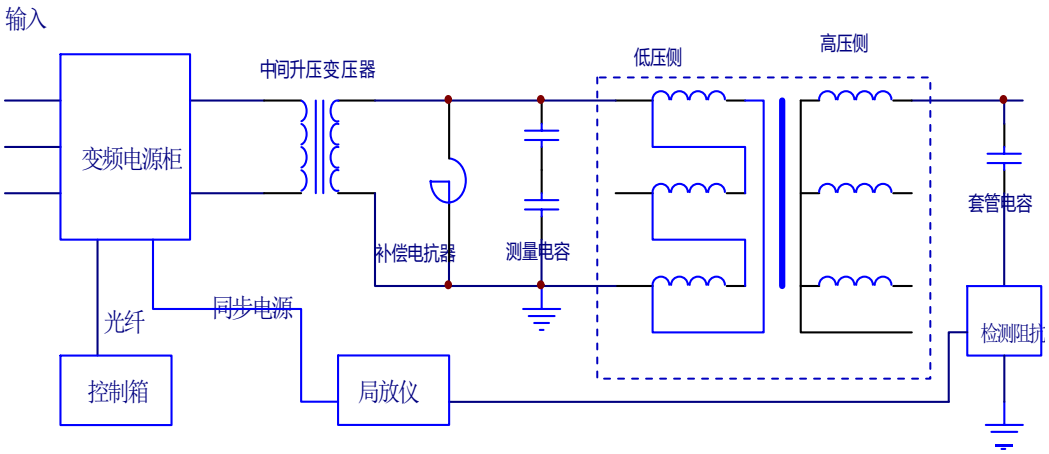



图 31　型变频电源装置进行局部放电试验接线图

## 9.2　串联谐振耐压试验

9.2.1 按照图 32 方式接好回路，试验电压的测量可以通过电容分压器测量。确认试验回路无误后，先不带试品进行空升试验。谐振回路由电抗器和电容分压器组成。整个装置与被试品之间通过一个无晕的高压导线连接。然后设置好分压比、测试电压。过电压保护、测试电流、试验时间、打开高压电流与电压等数据即可进行升压试验。

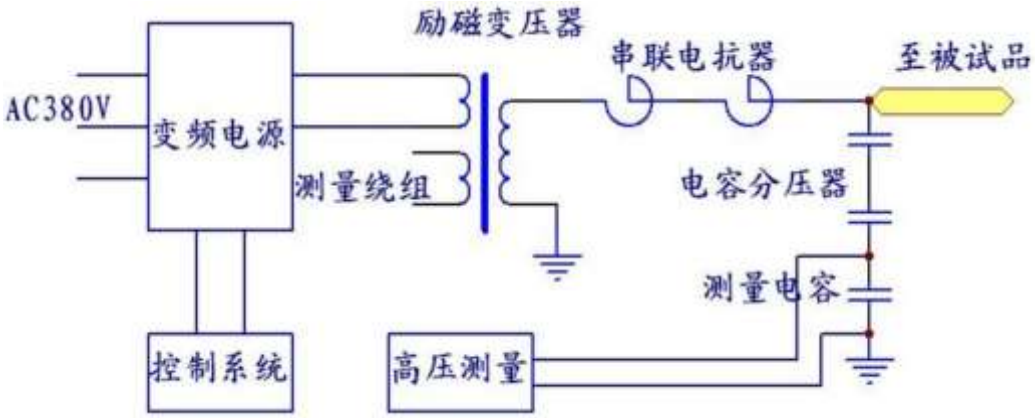



图 32　型变频电源装置进行串联谐振交流耐压试验接线图

**9.2.2 手动调谐方法**变频电压输出电压逐渐升高，先调至 10～20V 左右，同时要观察高压电压不应超过试验电压四分之一左右。当回路不在谐振点时，高压侧输

出电压很低。此时在估算频率附近仔细调节频率，先粗调频率，观察高压侧电压变化，当高压侧电压升高，表明频率调节方向正确；当出现高压侧电压下降，表明谐振点在附近，需要向相反的方向“频率细调”，直到高压侧出现最大值为止。保持这个最大值，即最佳谐振点，然后调节电压，升至试验电压一半，再微调频率，保持准确的谐振频率。

9.2.3 在试验过程中试验人员要时刻保持警惕，发现异常现象时应立即断开电源，查明原因后才能继续进行试验。如果试验过程中，电晕声很大，可以适当调节频率（不要使用“粗调”）。在试验回路中存在电晕时对整个装置的 Q 值影响很大，有时无法将电压升高到额定值。升压的过程、升压速度、耐压时间请严格按照相关标准来执行。

## 10 注意事项

10.1 在使用变频电源前，必须认真阅读本说明书，尤其对注意事项中规定的必须严格遵守，否则将有可能造成变频柜的损坏。

10.2 本装置必须由专业人员操作，在使用过程中应特别注意安全。

10.3 由于变频电源的工作电源直接由 380V 交流电源中取得，未经隔离处理，故其变频电源的两个输出端均不能直接接地或短路，否则，将造成变频柜中某些元件损坏。

10.4 工作电源必须取消漏电保护器，否则变频电源装置启动时对地的漏电流会引起漏电保护开关动作而失去电源。

10.5 串联谐振试验时，初步升压没有找到谐振点，切勿将变频柜的输出电压升得很高，以免在调到接近谐振点时电压迅速增加，不易掌握升压速度。一般在低压下找准谐振点后再将电压升到规定值，建议使用“细调”按钮。

10.6　试验过程中，**如果变频电源需要长时间工作，输出电压低就会引起放大回路的三极管管耗增加，必须保持其输出电压不低于300V。通过调整励磁变压器的变比等方法来解决此问题。**

10.7　变频柜的负载能力必须按图32的曲线规定范围内，严禁在低电压时带大电流负载。在曲线的下部分为安全区。超过该区域将增大三极管损耗，严重时导致放大回路的三极管损坏。当超过了曲线，工作在曲线的上方，屏幕上的输出电压和输出电流将闪动提示。如果继续进行试验，变频柜中将会发出跳闸信号，同时屏幕上显示“功率曲线保护”，并且控制箱中发出“嘀嘀”的报警声。此时需要改变中间升压变压器的变比或者降低负载电流才能够继续进行试验。

10.8　必须强调，该变频电源输出功率450kW而不是450kva，严禁带纯容性或纯感性负载。如在需要带纯无功负载时，严禁超过450kva，否则易造成放大回路的三极管管耗过大而损坏。

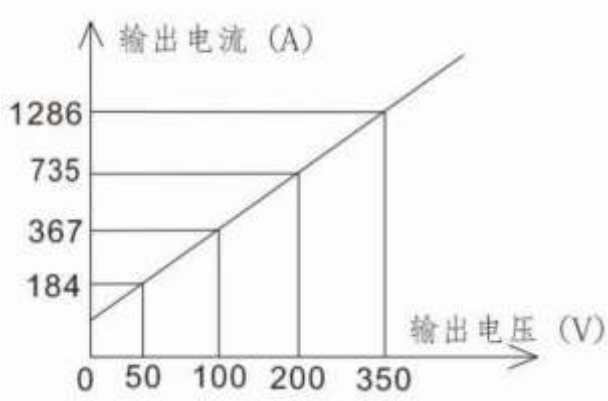



图 33　变频电源装置负载能力曲线

10.9　试验完毕后，应先将电压降至零后再分闸。

10.10 变频柜工作频率在20～300Hz范围，低于20Hz和高于300Hz频率被禁止使用。

10.11 当变频电源停止工作后，请勿立即接触变频电源的导电部位，变频电源柜

中的电容元件上的电荷没有马上释放完，可能危及人身安全。

10.12 对变频电源进行检修前请确认各个电容元件的电荷释放完。

10.13 变频电源的保护动作时，应先断开电源检查硬件回路和设备，在确认设备和接线无误的情况下再通电。空载启动变频电源，确认设备自身无问题才能继续通电试验。

10.14 断开供电电源，间隔十秒钟后才能够再次启动供电电源，本装置才能够正常工作。

10.15 标签为“控制开关 ”的控制回路开关，此开关是用来控制小电流回路电源。处于分断的位置时，变频电源无法启动，控制箱发出“变频电源通讯故障 ”的报警。

## 11 日常维护

11.1 尽量避免变频电源装置在严重失谐情况下长时间工作。

11.2 定期检查变频柜装置内部接线和各个接点的螺丝紧固情况，防止松动。

11.3 本装置应存放在干燥、清洁不易淋雨的场地。不使用时，罩上防尘套，以防灰尘从风道进入柜内。

11.4 运输时，变频柜使用专用绑带紧固，防止松动、溜滑。

11.5 当变频柜发生故障无法处理时，应及时与湖北腾铖科技有限公司。

11.6 控制箱的显示屏请勿在烈日下暴晒，控制箱在运输过程中应有抗震动措施。

11.7 装置中的接插件易损坏，在使用时应细心，防止脏物堵塞。

11.8 使用光纤连接线，要注意防止光纤线折弯、扭曲、挤压；并且远离火源。使用插头时要对准定位缺口，不要大力。使用完后，要收好光纤线，并且放到适当位置，防止受潮。

## 12 一般故障的分析和处理

### 12.1 一般故障

| 屏幕提示 | 故障原因 | 处理方法 |
| --- | --- | --- |
| 变频电源通讯故障 | 变频电源光纤接插件部分未接触好或光纤连接线损坏。 | 重新连接光纤或者更换光纤连接线。 |
| | 变频柜体没有接通电源。 | 关闭控制箱电源，接通变频柜电源。重新开启控制箱电源。 |
| 高压电压通讯故障 | 高压电压测量通道坏或者高压电压通道光纤损坏。 | 需要专业人员修理；应急使用：关闭高压电压测量，外接一块电压表测量高压电压。此方法就不能自动升压和自动调谐。 |
| 高压电流通讯故障 | 高压电压测量通道坏或者高压电压通道光纤损坏。 | 需要专业人员修理；应急使用：关闭高压电压测量，外接一块电压表测量高压电压。此方法就不能自动升压和自动调谐。 |
| 功率曲线故障 | 负载太重，超过负载能力曲线。 | 降低励磁变压器变比使变频电源输出电流降低，输出电压高。 |
| 桥臂 1、2、3、4 | 高压放电或者试品击穿。 | 断开电源、重新开机启动。 |

| | | |
|---|---|---|
| 故障 | 变频柜没有接通电源（或者缺相）或者光纤单根损坏。 | 变频电源接通电源或者更换光纤。 |
| | 启动时，受到干扰（可能是推动板损坏，有信号输出）。 | 检查前级放大回路。 |
| | 试验时，被试品为感性，输出波形很差（特别是在串联谐振试验中）。 | 降低变压器变比。 |
| | 多个桥臂有三极管损坏（可能性很小）。 | 需要检查功放板，在后续说明处理方法。 |
| 桥臂 1、2 故障 | 桥臂 1、2 上的三极管损坏或者耐压低 | 1、更换损坏的三极管；2、维修桥臂 1、2（或者 3、4）的电压检测回路； |
| 桥臂 3、4 故障 | 桥臂 3、4 上的三极管损坏或者耐压低。 | |
| 输出电流故障 | 输出电流过大。 | 断开电源，检查高压试验回路，查明原因。 |
| | 被试品击穿或者高压放电。 | 查明原因，断开电源，重新开机。 |
| | 发生在启动时，保护误动作。 | 断开电源，重新开机。 |
| 超过过压整定 | 高压输出超过设定整定值。 | 升压太快，高压在接近高压整定值时改用细调。 |
| 击穿故障 | 高压电压跌落太快。 | 断开电源重新开机。 |
| | 可能是试品有放电现象。 | 检查高压回路设备。 |

| | | |
|---|---|---|
| 回路故障 | 自动调谐时由于接线错误。 | 检查高压试验回路接线。 |
| B 相缺相故障 | 电源缺少 B 相。 | 检查供电电源。 |
| 变频柜发出嘀嘀声 | 在变频柜刚送电时，发出嘀嘀声。报警通讯故障。 | 连接好光纤，接通控制箱电源。 |
| | 连接好光纤和接通控制箱电源，还是发出嘀嘀声。 | 光纤单相故障，或者插头松动。 |
| 启动时，上级总开关跳闸 | 由于总开关有漏电保护器，变频电源工作时对地有漏电流引起漏电保护动作。 | 1、取消漏电保护器；2、变频电源外壳不接地。 |

**12.2　无法升高电压**

12.2.1　故障现象：在控制状态下，合闸正常，无电压输出。

12.2.2　故障处理：无推动信号或者信号通道损坏。

**12.3　处理方法：**

12.3.1　请注意整个回路处于正常工作状态，通讯正常。

12.3.2　检查推动板上熔断丝是否损坏，熔断丝烧坏可以更换同型号即可。如果熔断丝内已经烧黑，可能在后级有短路或大电流存在，需要谨慎处理。

12.3.3　检查送到主机推动板的电源是否正常，不正常表明供电变压器或者线路有问题。

12.3.4　把系统切换到“调试界面”，升高电压，观察推动板上 IN1 与 IN2 两端是否有电压输出（此电压几伏～几十伏），有电压输出表明回路为正常。

12.3.5　检查推动板上的 IN01 与 IN02 两端是否有电压（此电压随着数字电位器级数的调高电压能够在 0 到二十几伏中间变化），如果没有电压，表明信号源

无信号输出，需要更换信号源电路板。

## 12.4　快速查找损坏的功放板方法（以“桥臂 1、2 故障为例）

12.4.1　根据屏幕提示找到桥臂 1、2 位置（一般的，桥臂 1、2 位于面对输出端的右侧区域。对于单层板的变频柜，桥臂 1、2 位于最上面的功放板）。

12.4.2　拆下绿色挡板，使用抽取散热板的检修工具，从底层向上抽取，抽取时向外用力，将 1、2 桥臂所有的功放板抽出。不功放板要全部脱离轨道，只需要向外抽取20cm，方便检测即可。

12.4.3　使用“ 晶体管特性测试仪 ”，c 端接在黑色的散热板上，e 端接任一个电阻上。

12.4.4　按动“晶体管特性测试仪”的按键“×100”（从左向右的第二个按钮），观测表计指示在“8 ”以上就表示合格。

12.4.5　查找出损坏的功放板，从变频柜中取出，小心轻放，防止触动散热板上面的元件。并在其他没有损坏的桥臂上随机抽出一块功放板，保持桥臂平衡。

## 12.5　没有“ 晶体管特性测试仪 ”时的排除功放板故障方法

12.5.1　测量各个桥臂的直流电阻，该标号在输出端上方的门内。（桥臂 1 为 DC+与 OUT1 之间电阻，桥臂 2 为 DC+与 OUT2 之间电阻，桥臂 3 为 DC-与OUT1 之间电阻，桥臂 4 为 DC-与OUT2 之间电阻）。正常状况下，该电阻在两百欧姆以上,直流电阻过小的桥臂即为有问题的。一般的，有三极管损坏的桥臂电阻值接近零。通过抽取功放板，直到桥臂电阻值恢复到正常数值，判断功放板是否损坏。

## 12.6　查找功放板损坏的三极管

12.6.1　将散热板抽出，用晶体管测试仪对每块功放板进行耐压测试。功放板的布局如图33、34 所示。有二种情况：一种耐压为零，一种耐压较低但不为零。

12.6.2　功放板耐压为零时可用万用表查找：一只表笔接集电极(c)，另一只表笔分到接触每只三极管发射极，正常的三极管阻值约为 3～5 Ω，当触及每只三极管发射极（e）时阻值为零（或 1Ω左右），则该三极管已损坏，需将其拆除更换。

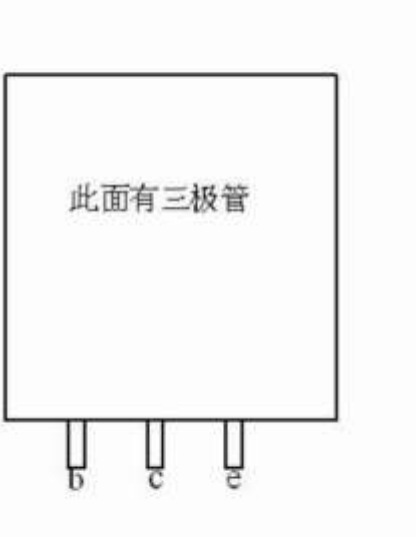



图 34　型变频电源装置功放板布局图

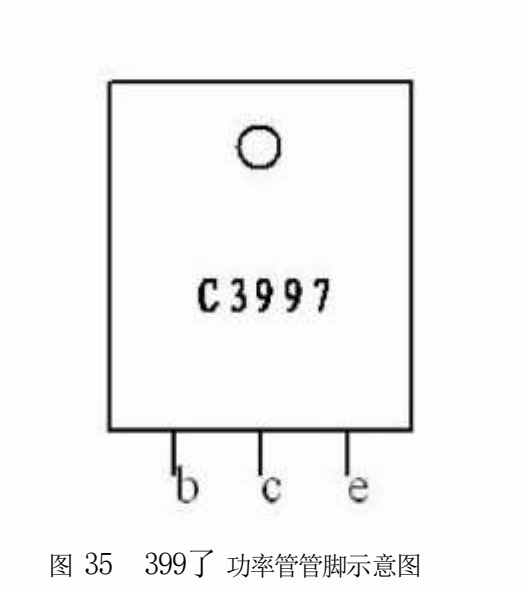



图 35　399了 功率管管脚示意图

12.6.3　如发现耐压低的功放板，只需逐排焊开发射极和基极，确定故障出于某一排后，再逐一焊开每只管子查找，直至查出不合格的三极管为止。

12.6.4　对于在使用中出现三极管损坏，查出损坏的三极管后，建议仅拆除损

坏的三极管，可暂不更换新管，继续使用，不会影响性能。只有当损坏的三极管达几十只时，可集中更换。

12.6.5　更换后的三极管的集电极（c）对发射极（e）的正向耐压大于 800V，集电极（c）对基极（b）应大于 1200V。凡不合格的应拆除，直至耐压合格才可以继续工作。

## 13 设备运输和起重

下图以变压器局部放电试验运输设备为例，推荐在运输使用时设备的固定。此方法在现场试验时不需要将设备从汽车上起吊至地面，提高工作效率。在运输过程中，请将设备牢靠固定在汽车上（固定变频电源时，必须拉紧四个顶部吊环，否则将造成变频柜体变形），防止滑动和倾斜。

变频电源柜体的起重必须在顶部四个圆孔同时起吊，严禁在其他部位起重。要求起重设备具备相关的承载能力，起重时注意相关的注意事项。

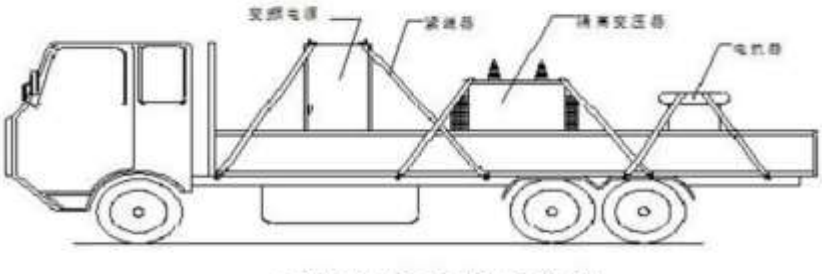



图 36　变频电源装置运输示意图

## 14 调试界面

14.1　在开启控制箱电源后，同时按动四个方向键（也就是“电压升高”、“电压降低”、“频率减小”、“频率增加”），维持三秒钟。进入了调试界面下图 37 所示。

图 3了　变频电源装置调试界面图

**14.2　建议不要调试界面下进行高压试验。**

14.2.1　调试界面下没有零位保护。

14.2.2　没有功率曲线保护。

14.2.3　具备以前的所有功能。

14.2.4　单独启动变频电源，采用组合方式启动。请按照下面的顺序来启动变频电源装置：**“计时启动”＋“频率减小”**为启动风扇，**“计时启动”＋“电压升高”**为预合闸，**“计时启动”＋“频率增加”**为合闸启动系统。

14.2.5　调试状态下显示四个桥臂电压和数字电位器调节的级数，显示下微机的软件版本。

**15　出厂状态说明**

15.1　总电源开关与远程接触器都处于分断状态；

15.2　速断开关处于合闸状态；

15.3　所有的并联/单机转换开关处于并联状态；

15.4　“系统选项”里的“高压电压测量”处于“关闭”状态，　其它选项处于随机状态，用户在第一次使用时一定要先设定选项里的各个项目。

附：技术方案

UHV (W) -300kW/500kV

局部放电及交流耐压试验系统

## 一、满足试品范围

1、满足 220kV/240MVA（低压 35kV、10.5kV，空载损耗不超过 150kW）电力变压器及以下电压等级电力变压器的局部放电、感应耐压试验。

2、220kV GIS 等电气设备的交流耐压试验，试验频率 20-300Hz，试验电压不超过 495kV， 试验时间 1min。

3、220kV/1200mm$^2$ 电缆 0.7km 的交流耐压试验，电容量≤0.1253uF，试验频率 20-300Hz，试验电压 216kV，试验时间 60min。

## 二、装置主要组成

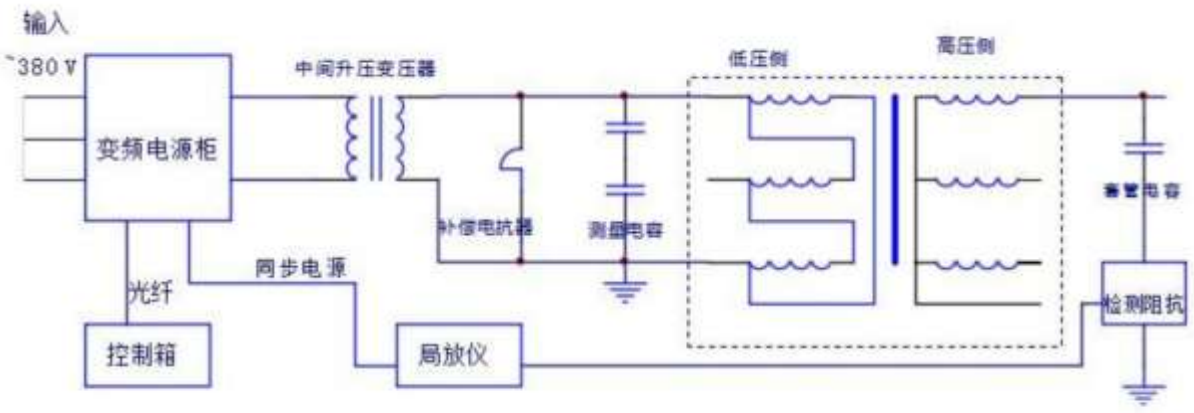
| 分类 | 名称 | 规格 | 数量 |
|---|---|---|---|
| 变频电源<br>1800 ×800 ×1800mm3<br>1200kg | 无局放变频电源 | UHV (W) -300kW | 1 套 |
| | 智能变频电源控制箱 | UHV (W) | 1 台 |
| | 变频电源控制光纤 | 20m （含光电转换器） | 1根 |
| | 高压测量终端 | 高压信号采样用<br>含测量光纤 20 米 | 1 套 |
| | 专用工具 | 295 简易晶体管测试仪、功放板专用抽取 工具 | 1 套 |
| | 起重吊带等 | 含吊带 2 根,U 形扣 4 只,捆绑器 4 套 | 1 套 |
| | 防雨防尘罩 | | 1 只 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 励磁变压器 1400 宽× 1600 长× 1600 高 3T | 无局放励磁变压器 | UHV-300kVA/5/2 × 10/35kV | 1 台 |
| | 高压输出连接线 | 黑色带皮导线，10mm2，10 米/根，4 根 | 1 套 |
| 补偿电抗器 1.2T/台 | 无局放补偿电抗器 | UHV (W)-525kVA/35kV | 2 台 |
| | 车载绝缘底座 | 可使补偿电抗器车载使用 | 4 只 |
| | 起重吊具 | | 1套 |
| 无局放电容分压器 | 无局放电容分压器 | UHV-F300pF/100kV | 1 台 |
| | 多功能峰值电压表 | UHV303 | 1 只 |
| | 屏蔽测量线 | 低压臂至峰值表，配有三通测试接口 | 1套 |
| | 铝合金包装箱 | 电容器本体、峰值表用 | 1套 |
| 高压谐振电抗器 φ950×2200 1.1T/台 | 高压谐振电抗器 | UHV-1500kVA/250kV | 2 节 |
| | 均压球 | 500kV | 1 只 |
| | 起重吊具 | | 1套 |
| 电容分压器 | 电容分压器 | UHV-F1500pF/500kV | 1套 |
| | 均压球 | 500kV | 1 只 |
| | 铝合金包装箱 | 电容器本体、峰值表用 | 1套 |
| 局部放电测试仪 | 局部放电测试仪 | JFD-2000A 辨率 0.1pc | 1 台 |
| | 专用测试电缆 | | 1套 |
| | 铝合金包装箱 | | 1 只 |
| 附件 | 10mm2/10 米/根，8 根带透明外皮接地导线；接地汇流盘 2 只；U 型接地夹 2 只；接地棒 1 根；0.8m/2.5mm2/根，红色接插线 10 根，配夹子、插片各 10 个；3T/3 米吊带 4 根，U 型扣 8 只；附 件箱 1 套 | | 1套 |
| 低压电缆 | 电源电缆： 120mm2、10m/根 | | 3 根 |
| | 变频电源输出用，每根规格 120mm2、10m | | 2 根 |
| 低压电缆线盘 | 用于收放电源电缆及变频电源输出电缆，带轮子，可方便搬运 | | 3 只 |

| | | |
|---|---|---|
| 变压器均压帽 | 110kV/3 只；220kV/3 只 配包装箱 | 1套 |

## 三、主要功能及特征

UHV 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， 局放干扰小等特点，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。 下图说明利用变频电源进行三相一体变压器局放试验接线图。




试验回路示意图

**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. 变频电源额定容量： 300kW

2. 额定电压 ：500kV

3. 额定电流 ：8A

4、额定工作输入 电源：380V±15% （三相）； 50Hz；

5、输出电压波形为正弦波： 波形畸变率≤1.0%

6、输 出频率可调范 围： 20~300Hz，频率在设定范 围 内调节 时 ， 电压恒定输 出

7、输出频率分辨率： 0.01Hz

8、输出频率不稳定度： ≤0.05%

9、系统局部放 电量： ≤10pC

10、系统 允许运行 时间： 额定容量下 允许运行 时间≥60min

11、绝缘水平： 1.2 倍额定 电压下耐压 1min。

12、 噪音水平 ： ≤80dB

## 五、装置容量验证

**高压电抗器分二节，电抗器单节为1500kVA/250kV/6A/90H**

验证：220kV/1200mm$^2$电缆 0.7km 的交流耐压试验，电容量≤0.1253uF，试验频率 20-300Hz，试验电压 216kV，试验时间 60min。

使用两节电抗器串联（互感系数为1.15)，L=90×2×1.15=198H

试验频率：$f=1/2\pi\sqrt{LC}=1/(2\times3.14\times\sqrt{198\times0.1253\times10^{-6}})=31.95Hz$

试验电流：$I=2\pi fCU_{试}=2\pi\times31.95\times0.1253\times10^{-6}\times216\times10^{3}=5.43A$

## 六、试验时设备组合方式

| 组合方式<br>被试品对象 | 电 抗 器 选 择<br>(1500ikvA/250kv 两节) | 激励变压器<br>输出端选择 | 试验电压<br>(kv) |
|---|---|---|---|
| 220kV GIS 电压等级开关 | 使用电抗器二节串联 | 35kV | ≤495kV |
| 220kV/1200mm$^2$ 电缆 0.7km | 使用电抗器二节串联 | 10kV | ≤216kV |

## 七、系统配置参数

### 一、无局放变频电源柜　　UHV (W)-300kW　　1台

1、最大输出功率：300kW（有功功率）；

2、输入电源：三相AC380V±10%50Hz；

3、额定输出电压：单相0～350V可调；

4、输出相数：单相

5、输出电压波形：标准正弦波；

6、波形畸变率 <1%；

7、输出电压不稳定度：<1％（输入电压不稳度在五分钟内小于2%）

8、额定输出电流：857A；

9、输出频率范围：20～300Hz；

10、频率调节灵敏度：≤0.1Hz；

11、频率不稳定度：≤0.05% ；

12、局部放电量：<5pc；

13、工作方式：变频电源允许运行时间：额定输出功率下允许运行180min；

14、并机功能：可与同型号变频电源并联输出使用

15、允许温升：在额定负载下，连续工作180min，出风口温升≤25K；

16、噪音水平：≤85dB；

17、绝缘水平：输入、输出端子对地（或外壳）≥3kV/AC/1min

18、冷却方式：强迫风冷；

19、尺寸及重量：1800×800×1800mm3，1200kg；

## 1.1 基本功能

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，组件、引线均采用高导磁材料屏蔽，无空间辐射；

2、保护功能完备，能够满足满负荷条件下的出口短路试验；

3、设有启动、停止和紧急分闸按钮；

4、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；

5、输入、输出端子连接方便可靠；

6、主回路同时配置空气断路器和交流接触器；

7、设有电源启动、停止按钮和紧急停止开关；

8、设有升压和降压粗、细调按钮；

9、设有频率粗、细调按钮；

10、设有散热风机相序自动识别和风机方向自动选择功能；

11、设有独立的仪器供电电源，电源经过变压器隔离输出，输出功率为500W，单相交流220V，50Hz。可以作为“局放仪”、“控制箱”、“示波器”、“充电器”等的工作电源。

12、设有独立的同步电源，供给局放仪测量局放信号时同步试验频率使用。每组同步电源的输出功率为100W、100VAC。

17、设有低温加热装置，确保在低温状况下（零下20度以内）能够正常工作。

18、预留并联扩展容量功能，当变频电源的输出功能不能够满足试验需要时，可以通过并联更多的电源来提高容量。在生产变频电源时将升级接口作预留。

## 1.2 保护功能

本系统由多种保护组成，实现不同的功能。确保在试验时不会对被试品和操

作人员构成伤害，同时采用先进的智慧手段，在试验中，即使误操作也不会对被试品和操作人员构成伤害（例如，如果变频电源装置忘记接地，不会影响系统的工作，也不会危及人身安全；如果试验中按键出错，系统将不会执行错误的操作）。

1、**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。

2、**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。

3、**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。

4、**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。

5、**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。

6、**零位保护：**必须零起升压，否则输出不会启动。

7、**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。

8、**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。

9、**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。

10、**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。

**11、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。

**12、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。

**13、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。

**14、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。

**15、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。

**16、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。

**17、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。

**1.3 测量显示**

1、分别显示每个功放桥臂电压的显示，能够监控主机的工作状况；

2、变频电源的输出电压、电流、频率、输出电压和输出电流的相位及输出电压波形显示；

3、出口风温显示；

4、显示输出波形；

5、各类保护动作显示；

6、可以采用三种语言显示：“中文简体”、“中文繁体”、“英文”。

## 1.4 进口器件品质保证：

| 材料名称 | 供应商 | 说明 |
|---|---|---|
| 电解电容 | （日本）铃木电工 | 400V、4700uF、能够高效吸收高频干扰信号，工作更加稳定 |
| 接触器 | ABB 意大利 | 意大利原产，IRF580 |
| 开关 | ABB 意大利 | 意大利原产，S800N |
| 散热风扇 | 德国 EMPAST 风扇 | 250mmFZY；转速达到 2600/min；送风量达到 35 立方/min；噪声水平仅为 68dB，工作起来相当安静；维护方便，风扇有自动除尘功能。 |
| 接插件 | PHINEX 德国 | 德国工艺，确保变频电源在工作中、运输途中、恶劣的自然环境中、高压强电磁环境中电气连接可靠。 |
| 显示屏 | 台湾 WINSTAR 华凌 WG320240B | 该款屏幕在强光下能够清晰显示，显示角度很宽-175～175 度 |
| 按键 | DECA 台湾 | 频繁使用的按键，采用进口品质，能够在百万次按动中依然如新 |
| 光电转换器 | 美国安捷伦 IRF1414 | 在测试领域中，安捷伦一直为高端产品服务，确保元件的稳定可靠 |
| 光电转换插头 | 德国 ODU 欧度 | 德国传统工艺制造，初期用于医疗器械的产品，确保光电转换效率。 |
| 电压传感器 | LEM 瑞士 LV28－P | 采用霍尔型传感器，精确反映试验系统工作状况，LEM 公司的品质值得信赖 |

| | | |
|---|---|---|
| 电流传感器 | LEM 瑞士<br>LT1005 S/T | |

## 1.5 变频电源控制箱说明：

变频电源的电源柜本体与控制箱及分压器与控制箱的连接均采用光纤连接方式，彻底的隔离，避免了在试品打穿后的反击造成控制箱的损坏，使用更安全。连接光纤采用特殊光纤，可较大的承受各种自然、人为因素的破坏。特别适合于高电压长电缆等大电容试品的现场耐压试验。

**1、智能控制箱功能说明：**

1.1、具有变频柜工作状态实时显示及高压测量实时显示，具备各种控制、保护和提示功能：

1.2、设有升压和降压粗、细调按钮，调节速率可设定；

1.3、设有频率粗、细调按钮，调节速率可设定；

1.4、设有散热风机电源相序自动识别和风机定向旋转功能；

1.5、具有自动、手动试验方式选择功能等。

1.6、可进行输出过压保护、过流保护设定值调整。

**2、智能控制箱显示及控制功能：**

2.1、输出电压：输出电压为变频电源的输出电压值，显示值是正弦波有效值。

2.2、输出频率：变频电源输出的正弦波电压的频率值，频率分辨率为0.1Hz。该频率可通过频率控制按钮调整或控制箱自动调谐

2.3、输出电流：变频电源输出电流，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

2.4、系统状态：当系统出现异常时，有异常提示

2.5、输入电压：输入三相电源的线电压能显示到屏幕上，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，显示相应的信息

2.6、桥臂电压：四个功放桥臂的直流工作电压显示，当四个电压不平衡时控制箱自动报警或关闭系统，同时便于检查故障管区域，异常时显示相应的信息。

2.7、出入口风温：出入口风温有显示，提示相应的信息

2.8、过流整定：可对其进行设置，当输出电流达到此值时，控制箱自动关闭变频电源的输出，提示相应的信息

2.9、放电强度：系统具有放电保护功能，保护功能的灵敏度根据试验项目要求的不同可进行设置

2.10 具有过压整定设置：当试验电压超过整定电压时，控制箱自动关闭变频源的输出。高压电流采用进口万用钳型表测量

2.11控制光纤采用光耦合接口，直接用光纤连接变频电源和控制箱。

**3、智能控制箱尺寸、重量、图片：**

外形尺寸重量：350（长）×300（宽）×250（厚）mm；9kg

智能控制箱

**（二）无局放励磁变压器 UHV(W)-300kVA/5kV/2×10kV；2×35kV /2×300V；2×350V；2×400V　1台**

低压绕组额定容量：300kVA；

低压绕组额定电压：2×300V/2×350V/2×400V；

低压绕组说明：双绕组，额定输入2×350V，

每个绕组有350V、400V抽头；可通过低压绕组串并联

方式，调整高压电压输出

输入电流：857A；

高压绕组额定容量：300kVA；

高压绕组为双绕组，

高压绕组额定电压：5kV；2×10kV；2×35kV；

出线方式：可采用顶部套管出线（如右图）；

高压抽头使用说明：

主变感应局放耐压，对称加压使用时：

可直接输出±10kV， ±35kV，

10kV抽头接地，则35kV抽头输出±25kV；

可根据现场主变低压抽头等级，调整变压器输出电压

额定频率：50Hz；

工作频率：20～300Hz；

绝缘水平：

低压绕组对地：5kV/1min

高压绕组对地：1.1倍感应耐压/1min；

局部放电量：额定电压下局部放电量≤10pC；

噪声水平： ≤65dB；

冷却方式：ONAN；

允许连续运行时间：额定电压、额定电流下连续运行180min；

额定温升（额定运行180min）：绕组温升小于65K，顶层油温升小于55K；

绝缘耐热等级：A级；

尺寸：约1700×1400×1450mm；

重量：约4400kg。

无局放励磁变压器绝缘特点：

无局放励磁变压器绝缘水平决定变压器的安全运行和绝缘老化速度，为了使无局放励磁变压器达到经久耐用的特点，为保证设备外部闪络时电位抬高危及中间变压器的主、纵绝缘，所以在中间试验变压器的高压输出首末二端匝包纸增设端部绝缘，均匀层间绝缘安匝分布特性。加之绕组为圆桶式绕组，电容的大小与绕组的面积有关系，设计的时候有意识地使最低部与最顶部的面积要相同，改善设备的冲击特性。绕组桶采用复合绝缘筒：可以减少局部放电量，对铁芯起到屏障的作用。总装绝缘处理时：认真做好温度、真空度、真空时间的曲线率记录，二级真空设备度处理，由于处理工艺比较严密，使绝缘水平得到了良好的保证。

高压绕组说明

由于变压器的类型很多，局部放电试验都是从较低的绕组加压，感应到高压绕组，达到标准对试验电压的要求。而大型变压器的低压绕组一般有6.3kV、10kV、13.8kV、15.75kV、18kV、20kV、24kV、35kV等，局部放电试验电压的最高电压为1.7倍。这就要求励磁变压器的额定电压或电压组合必须接近上述电压的1.7倍，这样补偿效率最高。通常一个绕组不可能同时满足上述要求，通行的做法是采用不同电压组合串、并联，达到电压和电流的要求。

技术性能：

变压器采用漆包铜线绕组，油浸自冷式，铁外壳式结构；高低压绕组及铁芯间均设静电屏蔽层，既为励磁变，又是隔离变；变压器上部设油枕及吸湿器；变压器在面板上设油坑，埋设测油温用温度计；在变压器油枕上安装油位指示器。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。变压器配备可靠地起吊设施。外壳喷涂橘红色绝缘漆。

变压器的组、部件如套管、阀门和储油柜的等的结构及布置位置，不妨碍吊装、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。

提供配套使用的变压器高低压绕组串并联组合时的联接铜母线。

变压器器身布置有承受变压器总重的吊钩，方便现场起吊。变压器上盖板布置有对称分布的吊环，方便检修时吊芯检查，同时配套相应的起吊和运输固定装置。

变压器的结构有利于顺利地运输到目的地，需现场安装的附件，安装好后将能立即进入持续工作状态；

变压器及其附件的设计和组装使振动最小，并且能承受变压器短路电动力的作用；

变压器铁芯和较大金属结构零件均通过油箱可靠接地，接地处有明显接地符号“⊥”或“接地”字样；

变压器油箱的机械强度，承受住真空压力133Pa和正压98kPa的机械强度试验，油箱不会损伤和出现不允许的永久变形；油箱上部设滤油阀，下部装有足够大的事故放油阀；变压器油箱有注油、放油、放气及带油封的吸湿器；

变压器内部装有油囊，其容积保证在最高环境温度允许过载状态下油不溢出，在最低环境温度未投入运行时观察油位计有油位指示；

变压器及金属外表面进行防腐处理，工厂喷涂两遍底漆，两遍面漆；

变压器绝缘油选用符合GB2536-90中要求的25号变压器油，运行中变压器油质量满足GB7595-87中要求；

变压器的抗地震能力：满足抗地震要求；

变压器的寿命：变压器在规定的使用条件和负载条件下运行，并按使用说明书进行安装和维护，预期寿命不少于20年；

**（三）无局放补偿电抗器　　UHV（W）-B525kVA/35kV　　2台**

1）　额定电压：　35kV

2）　额定电流：　单台15A

3）　额定容量：　单台525kVA

4）　额定电感量：　单台3.8H

5）　工作频率范围：　20～300Hz

6）　工作制：　额定电流下允许连续运行时间180min

7）　允许温升：　≤65K

8）　局部放电量：　额定电压下的局部放电量≤10pC

9）绝缘水平：　1.1Un/min

10）尺寸及重量：　约 Φ930×1200mm；约1000kg

## 3.1结构设计要求

电抗器采用铜导线绕组，油浸自冷式。

采用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。电抗器配备可靠的起吊专用设施。外壳喷涂蓝色绝缘漆。

电抗器有绝缘底座×2只，满足电抗器串并联使用；底座拆装方便，有起吊装置。电抗器油 采用＃ 25 变压器油，工作时无变形无渗漏。电抗器有承受其重量的专用起吊装置和运输时的 固定设施 。 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。有额定电压、电感、工作频率、重量等的铭牌标识。

**（四）高压谐振电抗器 UHV-1500kVA/250kV　　2节**

1)额定容量： 1500kVA ;

2)额定电压：250kV

3)额定电流：6A

4) 电 感 量：90H/单节

5) 品质因素：Q≥30 (f=45Hz)

6)结　　构：油式

8) 重　　量：约 1200kg

**（五）无局放电容分压器 UHV-F300pF/100kV　　1节**

1) 额定电压： 100kV；

2) 电 容 量：C1=300pF (±5%)；

3) 工作频率 ：20~300Hz；

4) 系统测量误差： ≤1.0%；

5) 分压比：1500 :1；

6) 绝缘水平： 120kV/1min；

7) 介质损耗： ≤0.05%；

8) 温度系数： ≤±5×$10^{-4}$K

9) 结　　构：C1 为环氧筒外壳油纸绝缘结构电容器；

C2 选用温度系数、频率系数和 C1 相同的材料。最大频率分压比与最小频率分压比之比值≤ 1.005

高、低压臂的电容采用相同的材料，温度系数小，角位移小，20~300Hz 范围内分压比不变。 分压器总体局部放电量： ≤10pC；

均 压 环：铝合金材料，便于拆装，有包装箱方便运输。

**（六）UHV303 多功能峰值电压表　　1 台**

分压器配有智能峰值表，可进行计量传递，方便校验。

采样方式：单片机逐点交流采样，16 位高速工业级 A/D 转换。

智能峰值电压表具有过压保护功能，**可任意设定过压保护定值并显示**，通过常开和常闭接点用于报警或跳闸，相当于起到放电球隙的作用。

**（七）谐振耐压电容分压器 UHV-F1500pF/500kV　　1 套**

1)额定电压：500kV

2) 高压电容量：1500pF

3)介质损耗：tg σ ≤0.5%

4) 分 压 比：6000：1

5)测量精度：有效值 1.5 级

6) 重 量：约 150kg

**（八）局部放电检测仪 JFD-2000A　　1 台**

JFD-2000A 数字式局部放电检测仪是采用全新技术实现的新一代高性能数字化局放测量分 析仪器，是传统模拟局放仪的替代产品。其各种独创的抗干扰技术使您可以在强干扰环境下进 行准确测量； 友好的用户界面和高速采样刷新速率 ，具有模拟式局放仪的视觉效果； 提供的多 种波形分析、记录手段使您很容易判断放电的性质；各种试验数据的自动记录和处理，能够很 快生成图文并茂的测试报告；采用双通道嵌入式系统，TFT 触

摸屏，系统稳定可靠，故障率低。 系统综合运用了计算机技术、模拟电子技术 、高速信号采集技术和先进的数字信号处理及图形 显示技术 ，完成局部放电的自动测量和分析 。适用范围、检测方法、试验回路、技术性能参数 等完全符合国际标准 IEC270、 国家标准 GB7354-2003《局部放电测量》 (Partial Discharge measurements) 和《电力设备局部放电现场测量导则》DL 417-91 标准要求

| 技术特性 | |
|---|---|
| 通道数 | 2 个电信号接口，一个外同步接口 |
| 采样率 | 0.5M、1M、2.5M、5M、10M、20M 可选 |
| 采样精度 | 12bit |
| 量程切换 | 60dB、40dB、20dB、0dB、-20dB 共 5 档 |
| 频带范围 | 20k-100kHz、80k-200kHz、40k-300kHz |
| 本量程非线性误差 | 5% |
| 量程范围 | 0.1pC~100000pC |
| 灵敏度 | 0.1pC |
| 可测试品的电容量范围 | 6pF~250 μF |
| 试验电源频率范围 | 50~400Hz |
| 显示 | |
| 显示屏 | 7 ” TFT 真彩色触摸液晶显示屏 |
| 分辨率 | 800×480 |
| 存储 | |
| 物理存储 | 256MB DDR2，为运行内存 |
| SD 卡存储 | 标配 16G 卡，可升级为 32G，用于存储试验记录及试验数据 |
| 接口 | |
| RS232 | 用于与 PC 机同步传输接口 |
| USB | 可 外接鼠标键盘， 以及外接移动存储设备 |
| 电源模式 | AC 220V |

| | |
|---|---|
| 电信号接口 | 2 路 BNC 接口，用于信号输入 |
| SMA 接口 | 外同步接口 |
| SD 卡插槽 | 可插入最大支持 32G 的 SD 卡 |
| 网口 | 可扩展 |
| 接地钮 | 外部接地用 |
| 通用说明 | |
| CPU | 主频 533MHz |
| 系统 | WINCE6.0 |
| 使用环境温度 | -20℃至 45℃ |
| 存储环境温度 | -20℃至 60℃ |
| 尺寸 | 长×宽×高：350mm × 245mm × 175mm |
| 重量 | 5.8kg |

## 八、参考实验标准

| | |
|---|---|
| GB10229 | 电抗器 |
| GB1094 | 电力变压器 |
| JB/T 9641 | 试验变压器 |
| GB/T311.1 | 高压输变电设备的绝缘与配合 |
| GB/T 16927 | 高电压试验技术 |
| GB7354 | 局部放电测量 |
| GB4208 | 外壳防护等级 |
| GB/T 15164 | 油浸式电力变压器负载导则 |
| GB2900 | 电工名词术语 |
| GB5273 | 变压器、高压电器和套管的接线端子 |
| GB2536 | 变压器油 |
| GB7328 | 变压器和电抗器的声级测量 |
| GB5027 | 电力设备典型消防规程 |
| GB10237 | 电力变压器绝缘水平和绝缘试验外绝缘的空气间隙 |
| 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 |
| DL / T848.3-2004 | 高压试验装置通用技术条件第 3 部分：无局放试验变压器 |
| GB4793-1984 | 电子测量仪器安全要求 |
| GB/T2423.8-1995 | 电工电子产品基本环境试验规程 |
| GB/T3859.1－1993 | 半导体变流器基本要求的规定 |
| GB/T3859.2-1993 | 半导体变流器　应用导则 |
| GB 50150-2006 | 电气装置安装工程电气设备交接试验标准 |