

ZTSA-10KV 电缆交流耐压及 振荡波局放测试系统

使
用
手
册

武汉智能星电气有限公司

目 录

一、 系统简介	3
1、 概述	3
2、 系统试验原理	3
3、 系统的性能及特点	4
4、 10kV 测试系统主要技术参数	4
二、 设备的组成部分	5
三、 操作说明	6
四、 附录： 高压变频谐振电源的使用说明	14

ZTSA-10KV 电缆交流耐压及振荡波局放测试系统

声明:

为更好地使用本系统请仔细阅读使用说明书, 并请妥善保管以备日后使用。本公司保留更改本说明书内容的权利和产品更新导致的表述差异。

安全事项:

- 1、绝缘电阻测试时电缆对侧需专人看守, 严禁测试期间电缆头及被测电缆本体或附近处有作业现象;
- 2、切断被测电缆电源, 防止再次通电, 确定被测电缆上已无电压, 隔离附近带电设施;
- 3、试验接线时, 应先用放电棒放电并挂地线后再触碰电缆头, 确保人身安全。
- 4、升压试验时应在电缆头和试验设备四周装设网状围栏, 悬挂“高压, 危险!”标示牌, 试验现场四周应派专人监护, 禁止与试验无关人员靠近;
- 5、升压时控制台操作人员应站在绝缘垫上, 防止高压反击危及人员安全;
- 6、加压过程中应注意观察电压是否波动、数据是否异常, 并呼唱报时, 发现有异常情况立即降压, 直到查明原因后再重新开始加压;

一、系统简介

1、概述

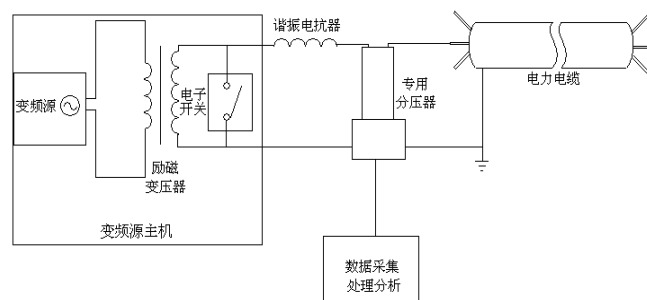
目前对电力电缆检修的管理，主要是依据《电力设备交接和预防性试验规程》所规定的项目和试验周期，定期在停电状态下进行绝缘性能试验。其中变频串联谐振试验由于试验状况接近电缆的运行工况，因此成为国内目前应用最广泛的试验方法。

但大量试验及经验表明，串联谐振耐压试验无法对电缆整体绝缘的状态进行定量评估，一些通过串联谐振耐压试验的高压电缆在短期内仍有放电击穿的现象。经过长期对高压电缆的研究试验和实践，认为局部放电是电缆绝缘故障的先兆，有效检测局部放电是提高电缆状态检修水平的一种重要途径。

振荡波电缆局放诊断与定位系统（简称 ZTSA 系统）是电力电缆“状态检修”的一种新方法。但此方法是先对 XLPE 电缆施加直流电压，利用形成的阻尼振荡波条件下的局放进行诊断与定位；而 XLPE 电缆的直流耐压试验容易引起电荷积聚，电荷积聚对电缆是有隐性伤害并且也易于产生假局放信号，此方法的使用是值得进一步探讨的。因此我们开发出交流衰减阻尼振荡波局放测试装置，本装置采用交流高压源，在交流变频串联谐振耐压装置上，附加峰值同步信号使串联谐振回路在峰值时停止功率输出，并同时闭合高压电子开关，形成振荡波阻尼振荡，进行电缆局部放电测试。可以可靠地发现电缆及电缆接头的微弱绝缘缺陷，并且可以准确定位。

此装置既可以在现场进行阻尼振荡波条件下的电缆局放测量及定位，亦可以按现行标准（规程）进行电缆的现场交接及预防性串联变频谐振交流耐压试验，一机两用，大大提高了设备使用效率。

2、系统试验原理



图中，通过变频源调节频率，通过励磁变压器隔离升压激励使谐振电抗器与被测电缆的分布电容产生谐振，谐振条件下，在被试电力电缆上可以获得 Q 倍于励磁电压的试验电压。在电缆上维持试验电压的过程中，短路励磁变压器的输出端，使谐振电抗器和被测电缆形成逐渐衰减的阻尼振荡，通过专用分压器进行测量和反馈控制，使用专用软件可以将被测电缆及其接头的绝缘薄弱环节所发生的局部放电信号有规律的显示出来。通过波形数据分析，可以测出局部放电的放电电量值及定位局部放电点的准确位置。并且通过软件可以控制阻尼振荡波形多次重复，从而可以更可靠验证被测电缆的绝缘缺陷。

3、系统的性能及特点

- 1) 采用交流串联谐振升压+振荡波测试局放的方法、设备合二为一，一套设备既可完成局放试验又可做交流耐压试验，一机两用。交流耐压试验符合现有规程
- 2) 适用于新电缆（投运前）交接试验及老电缆（停电后）预防性试验。
- 3) 遵循 IEC60270 标准测量电缆局放量。
- 4) 对电缆局放点进行距离测量。
- 5) 测量电缆接头位置及全长距离。
- 6) 变频主机可以根据国网的相关规程设定电压自动升压，笔记本系统自动采集数据，简单方便。
- 7) 采用硬件和软件相结合抗干扰技术，可有效去除外部干扰。
- 8) 软件专家系统，同时显示局部放电波形、放电量和测试电压等参数，对测试数据进行实时保存、生成测试报告及打印等功能。

4、10kV 测试系统主要技术参数

试品电容量：≤3 uF.

最高试验电压：AC 25kV

阻尼振荡波频率范围：30~300Hz

变频串联谐振耐压试验频率范围：30~300Hz

局放测试范围：10PC~20nC ，

局放定位精度：1%

适用电缆规格：电压 10kV 及以下等级，300mm² 截面电缆 6 公里

二、设备的组成部分

1、高压电缆局放测试系统软件(含笔记本电脑)

2、变频源主机

1) 输出功率: 15KW

2) 输出频率: 30HZ-300HZ

3) 频率分辨率: 0.1HZ

4) 输入电源: AC220V \pm 10% 或 AC380V

3、励磁变及振荡波产生箱

4、谐振电抗器

1) 电感量: 15H/12A

2) 工作频率: 30HZ-300HZ

3) 最高试验电压: AC 25KV

4) 最大试验电流: 12A

5、专用局放数据滤波采集装置

采样频率: 125MHz, 存储深度: 64M

6、局放校准器(50PC, 100PC, 200PC, 500PC, 1nC, 2nC, 5nC, 10nC, 20nC)

三、操作说明

1、被测电缆要求及测试前准备

- 1) 局放测试前，将电缆断电、接地放电，两端悬空，布置好安全围栏；
- 2) 电缆头擦拭干净，电缆头与周边接地部位绝缘距离足够；
- 3) 收集电缆型号、长度、接头位置等电缆参数；

电缆全长必须准确，以用于校准；

中间接头测量尽量准确和详细，有利于最终判断局放位置；

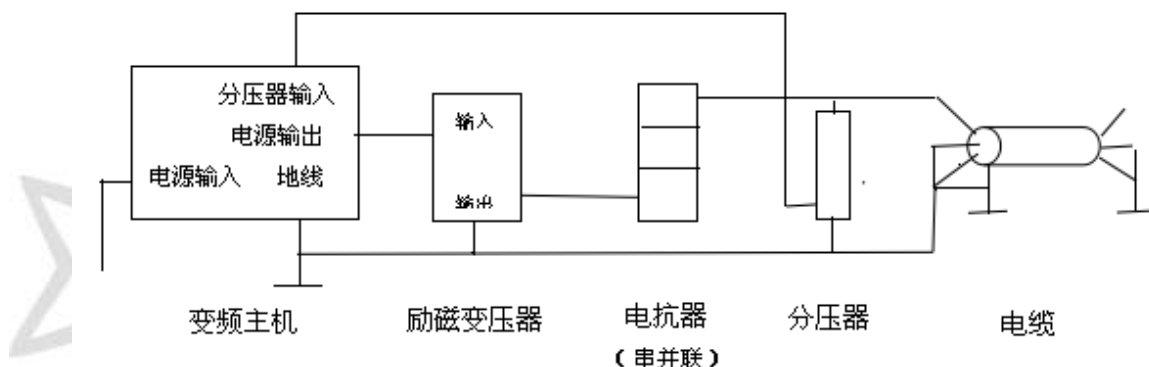
- 4) 电缆长度：一侧测量方式： $100\text{m} \leq L \leq 3\text{k}$ ，必要时可采用两端测量的方式。

2、绝缘电阻测试

电缆主绝缘电阻测试：采用 2500V（35kV 电缆用 5000V 摇表）绝缘摇表进行测试；主绝缘电阻应大于 $50\text{M}\Omega$ 才可以进行下一步试验。

3、电缆交流耐压试验

使用本系统的高压试验电源设备，对被试电缆各相做 5 分钟 $1.6U_0$ 电压的耐压试验。不闪络击穿才可以进行局放的检测试验。具体操作详见附录高压变频谐振电源的使用说明。



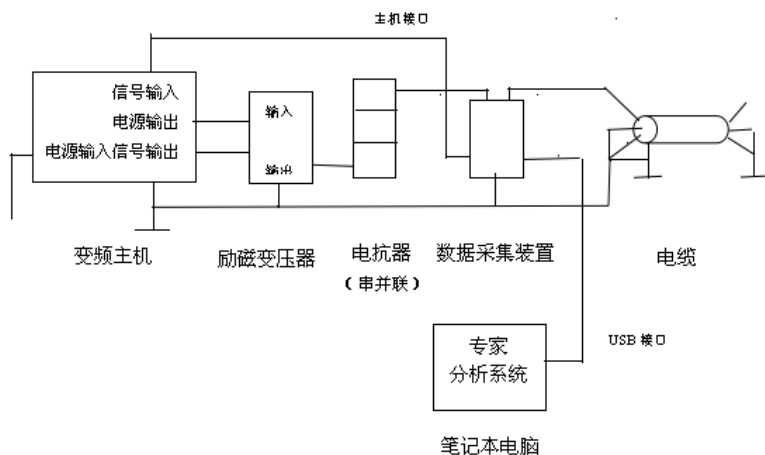
电缆耐压试验连接图

4、电缆振荡波局部放电试验

4.1 电缆局放的校准：

高压测试前首先使用校准器进行局部放电量的校准，并测量电缆长度。

首先按照以下接线图联接好设备。测试前检查校准器电池，不足应更换。

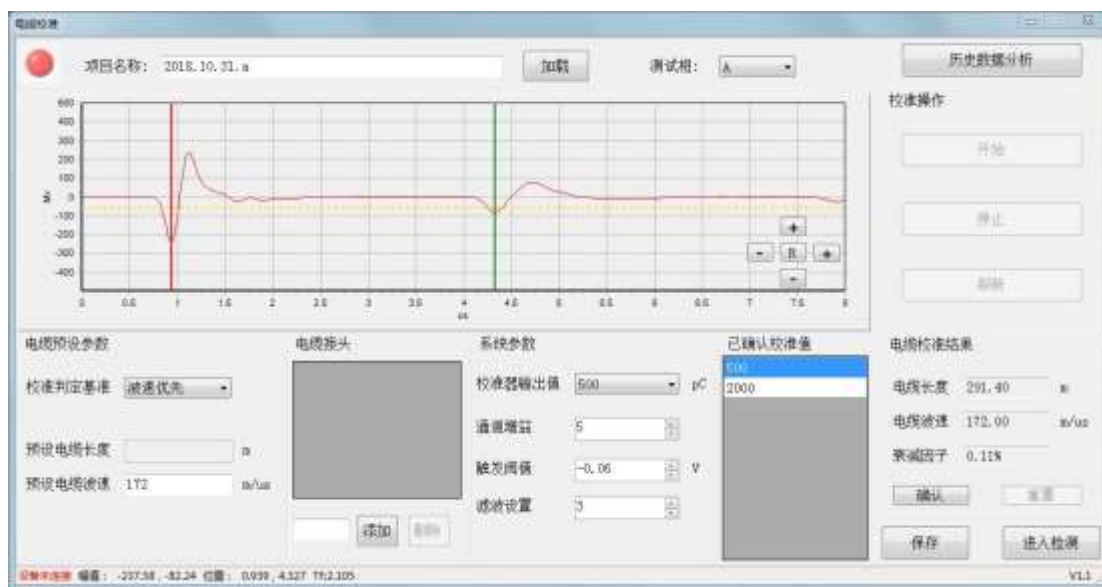


电缆局放试验连接图

校准步骤：

- 1) 校准器 Q9 测试线的红色线夹连接被测电缆线芯，黑色线夹接电缆接地。；
- 2) 校准 100pc—2nc 六档，输出接 OUT×1 接口。5nc-20nc 三档，输出接 OUT×10 接口。
- 3) 选择相应的档位，打开校准器电源。
- 4) 打开变频主机的电源，准备好笔记本电脑进入测试软件界面。

打开软件后，首页即是『电缆校准』界面，如下图所示。



电缆预设参数：已知被试电缆的长度时，请在『校准判定基准』中选择『长度优先』，并在『预设电缆长度』栏中输入电缆长度；如不确定被试电缆的长度时，请在『校准判定基准』中选择『波速优先』，并在『预设电缆波速』栏中输入电缆波速。

注：电缆波速与电缆类型有关，典型值见下表，请根据实际情况输入相应的数值。

电缆绝缘材料	典型波速值 (m/μs)
油浸纸	160
不滴流纸	144
聚苯乙烯	184
交联聚乙烯	172
聚氯乙烯	142
天然橡胶	190
乙丙橡胶	200
丁苯橡胶	195
丁基橡胶	200

系统参数：选定与校准器一致的『校准器输出值』，调节『触发阈值』、『通道增益』和『滤波设置』，使校准信号波型尽量稳定清晰且刚好不溢出（发生溢出时，『通道增益』栏会标红以示警告）。

☞ 当校准器输出值是正脉冲时，请向正方向（上）持续调节『触发阈值』（黄色虚线），直到信号波峰稳定（不会出现上下起伏）；当校准器输出值是负脉冲时，请使用相同的方法向负方向（下）持续调节『触发阈值』。

☞ 当环境电磁干扰非常严重导致信号波形难以辨认时，调高『滤波设置』的取值通常会有

比较明显的改善效果，除此之外，建议保持默认值。

校准操作：

- ☞ 点击『停止』或『刷新』以捕获当前的校准信号波形。
- ☞ 使用鼠标左键定位入射信号（左侧，红线），使用鼠标右键定位回波信号（右侧，绿线）。当校准器输出信号为正脉冲时，应点选使红线和绿线分别穿过入射信号波形和反射信号波形的波峰位置；当校准器输出信号为负脉冲时，则应点选使红线和绿线分别穿过入射信号波形和反射信号波形的波谷位置。可以使用鼠标左键从左向右划动放大局部波形来辅助定位。
- ☞ 点击『确认』，完成本次『校准器输出值』所关联的校准。可以切换更多的『校准器输出值』继续进行校准，每一个不同的『校准器输出值』状态下完成校准时都需要点击『确认』来保证本次校准的有效性。
- ☞ 点击『重置』，可以清空已确认的校准值。
- ☞ 点击『保存』，生成电缆校准文件。

离线状态数据修正：本系统特别支持在离线状态下对已保存的原始校准数据进行复核，对现场处理时可能存在的失误操作和判断进行修正，以确保得到更准确的试验结果。点击『加载』，可以读取已保存的历史校准数据文件。使用与上述在线校准同样的操作方法，可以对原始数据进行修正。如果进行了修正，请注意点击『保存』覆盖原有的校准文件，或点击『新建』另存项目。

其他：

- ☞ 点击『历史数据分析』，可以直接读取已保存的完整的电缆局放检测试验数据文件。当数据量很大时，读取过程可能需要耗费一段时间，并非软件异常，请耐心等待读取完成。
- ☞ **电缆接头：**如果已知被试电缆中存在接头，可以添加接头位置信息，用于电缆校准时分析波形的参考。

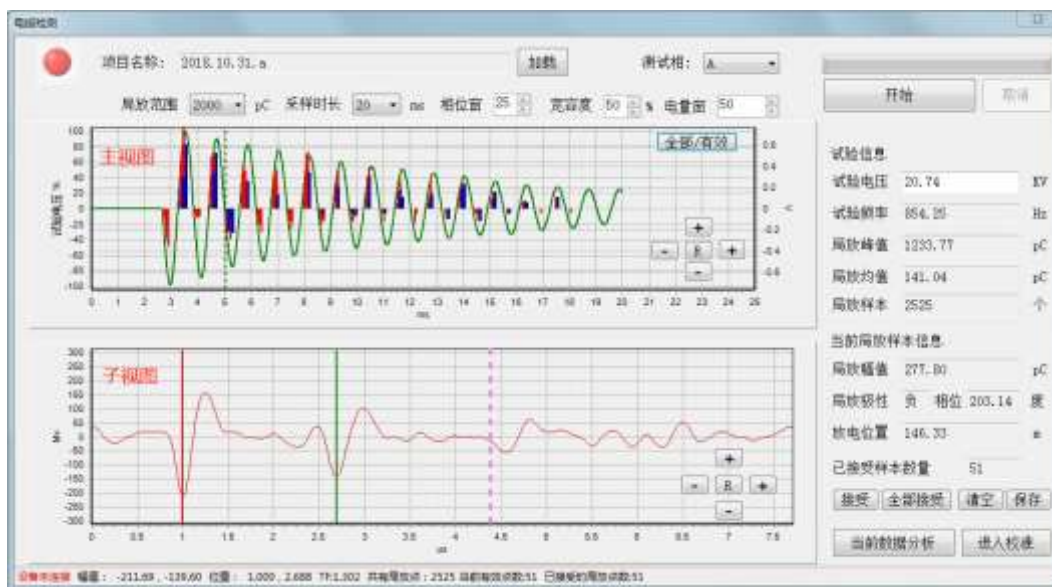
5) 校准完毕，关闭校准器，从被测电缆中取下校准器。

4.2 振荡波局放测试

1) 按上面电缆局放试验的连接图连好设备并检查无误，操作变频主机按照规程要求的试验电压升压，进行振荡波试验。

2) 笔记本电脑进入测试软件，

在完成电缆校准或载入已保存的电缆校准数据后，在电缆校准界面点击『电缆检测』进入电缆检测界面，如图所示。



在升压完成前，点击『开始』进行局部放电信号与震荡波信号的采集，点击『取消』可以终止此过程。

观察：

- ☞ 请按照交流震荡波高压试验电源此时设置的输出电压值填写进『试验电压』一栏中。
- ☞ 鼠标左键在主视图中选中局部放电样本（红/蓝），在子视图中即可观察相应的局部放电样本的具体波形。

收集局部放电样本：

- ☞ 点击『全部接受』，将此次采集中获取的所有有效局放样本添加到待分析的数据库中。
- ☞ 在子视图的局部放电样本的波形中，使用鼠标的左/右键定位局部放电的初始波形和反射波形，并点击『接受』，可以将此样本单独添加到待分析的数据库中。
- ☞ 点击『清空』，可以将已接受的所有局放样本从待分析的数据库中删除。在两次使用『全部接受』之间，建议点击『清空』，避免无效数据叠加。
- ☞ 点击『保存』，生成电缆检测数据文件。当数据量很大时，保存过程可能需要耗费一段时间，并非软件异常，请耐心等待保存完成。

离线状态数据修正：本系统特别支持在离线状态下对已保存的原始校准数据进行复核，对现场处理时可能存在的失误操作和判断进行修正，以确保得到更准确的试验结果。点击『加载』可以读取已保存的电缆检测数据文件，通过调整参数（相位窗/宽容度）、重新进行样本的选取，以及样本信息修改等操作，都可以实现在离线状态下对已保存的原始检测数据进行修正。如果进行了重调，请注意点击『保存』生成新的电缆检测数据文件。

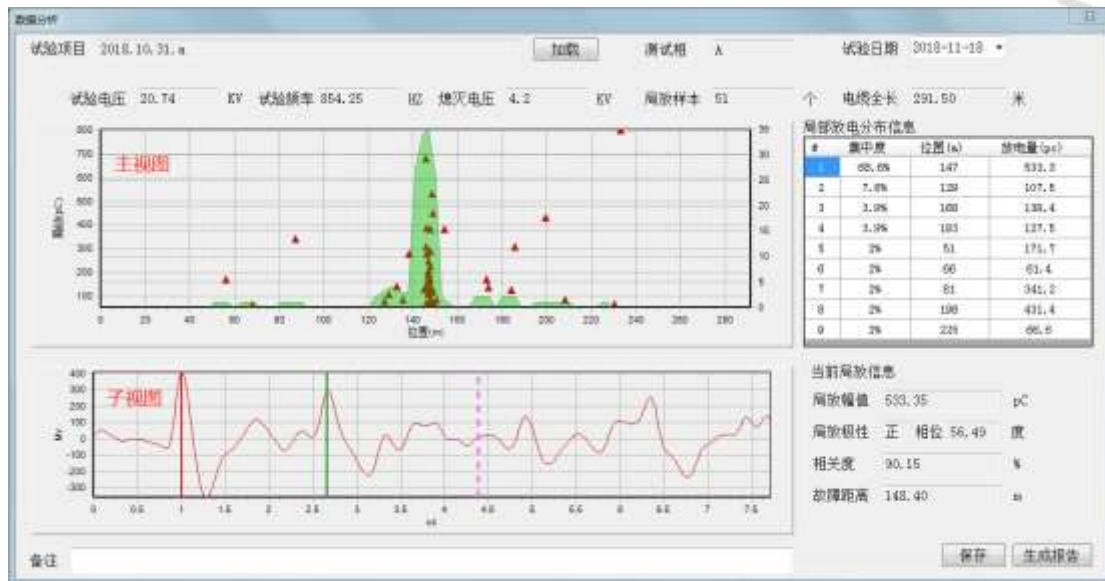
其他：

- ☞ 『局放范围』和『采样时长』在采集信号之前设定，信号采集完成后不能修改。
- ☞ 『相位窗』、『宽容度』和『电量窗』用于调节局放样本数量和范围，可根据数据分析

的结果进行反复调节。

3) 数据分析

在完成电缆校准或加载已保存的电缆检测数据之后，在电缆检测界面上点击『当前数据分析』即可进入数据分析界面，如图。



- 主视图显示每个局放样本（红色三角）的放电量和放电点距离被试电缆近端的位置，以及每个位置上的局放样本数量的分布情况（绿色阴影）。
- 鼠标左键点击主视图上的局放样本，可以在子视图中观察相应局放样本的具体波形信息。
- 点击『剔除当前样本』可以将子视图所显示的样本从所有样本中删除。
- 点击『保存』可以生成数据分析文件。当数据量很大时，保存过程可能需要耗费一段时间，并非软件异常，请耐心等待保存完成。
- 点击『加载』可以读取已保存的历史数据分析文件。当数据量很大时，加载过程可能需要耗费一段时间，并非软件异常，请耐心等待加载完成。

4) 编写报告

在完成数据分析或者加载了已保存的历史数据分析文件之后，点击数据分析界面的『生成报告』按钮，即可进入报告编写的界面，如下图所示。

编写报告

电缆线路振荡波局部放电检测 试验报告

试验项目	<input type="text" value="2018.10.31.a"/>	测试相	<input type="text" value="A"/>
电缆信息	所属单位	所属线路	<input type="text"/>
	电缆名称	电缆长度	<input type="text" value="291.5"/>
	电缆型号	投运时间	<input type="text" value="2018-11-13"/>
	绝缘状态	<input type="text"/>	
试验场景	天气情况	温度/湿度	<input type="text"/>
	试验日期	试验设备	<input type="text" value="2018-11-13"/>
	试验地点	对端地点	<input type="text"/>
	试验单位	试验人员	<input type="text"/>
	报告编写人	发布时间	<input type="text" value="2018-11-13"/>
	试验结论	<input type="radio"/> 正常 <input type="radio"/> 超标 <input type="radio"/> 异常 <input type="radio"/> 其他 <input type="text"/>	
数据分析	<input style="width: 100%;" type="text"/>		
运检建议	<input style="width: 100%;" type="text"/>		

- 报告编写过程中，可以直接输入相应信息，也可以留空打印后手动填写。
- 数据分析中的“基本试验数据”、“局部放电分布图”和“局部放电分布信息”会自动附在试验报告中。
- 点击『生成报告』，可以保存并查看报告文件的预览。当数据量很大时，生成报告过程可能需要耗费一段时间，并非软件异常，请耐心等待报告自动生成。
- 报告文件默认保存在“我的电脑/D 盘/电缆局放数据/Report”文件夹下。

5. 专家知识与经验

1) 电缆局部放电信号判断几条准则

- 一般来说，局部放电信号的脉冲数会随着电压升高而增多。

- 若三相均出现的十分相似的分组脉冲信号，则该信号来自被测电缆本身的可能性不大，但并非完全不可能。
- 随着局部放电脉冲信号在电缆中的传播，其脉冲宽度会不断变宽。距离测试端越远，脉宽越宽。
- 电缆局部放电信号必然具有在工频周期一、三象限聚集的工频相位分布特性，可通过PRPD图判断。
- 电缆局部放电信号必然具有在电缆某些位置聚集的位置分布特性，可通过脉冲幅值-电缆长度分布图或脉冲数-电缆长度分布图判断。

2) 干扰信号的排除

- 1) 由于升压测试时，外部噪声干扰、连接电缆与被测电缆接头处、振荡波测试仪内部均可能导致检测到脉冲信号。这些脉冲信号具有典型的特征，根据上述四条准则，可在分组阶段将其排除。
- 2) 尽量减小环境噪音干扰，如有施工可要求暂停；
- 3) 尽量减小来自地线的干扰如电晕等；
- 4) 为排除高压测试电缆与被测电缆之间的连接不好而造成的人为干扰，高压电缆与被测电缆的连接需要严密接触完整。

6、电缆振荡波局放诊断评价

电缆局部放电量：

当电缆的以下部件出现下列的局放量超标情况，应视为缺陷情况：

- 1) 电缆本体： $>300\text{pC}$ ；
- 2) 电缆终端： $>5000\text{pC}$ ；
- 3) 电缆中接头： $>500\text{pC}$ 。

电缆振荡波局放量超标异常情况处理措施

- 1) 带电情况下采用超声波、地电波、红外等手段进行状态监测；
- 2) 保供电期间缩短带电测试周期；
- 3) 必要时更换局放量超标部件；

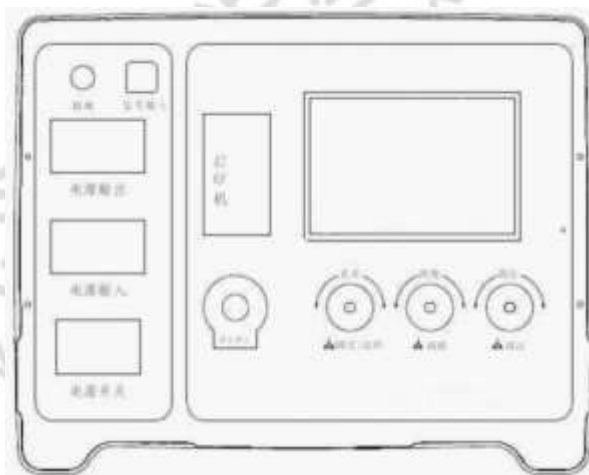
四、附录：高压变频谐振电源的使用说明

1、适用范围

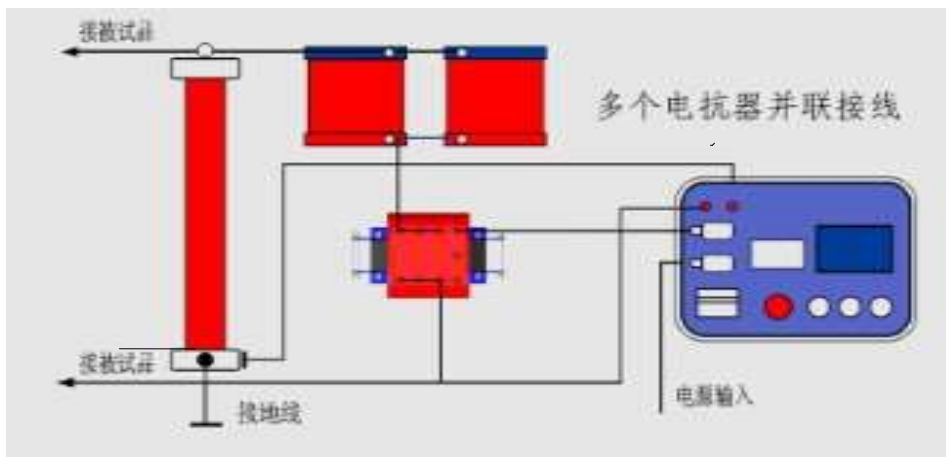
本装置可用于中高电压等级的容性试品的交流耐压试验：

- (1) 6~35kV 交联聚乙烯电缆交流耐压试验；
- (2) 35~35kV GIS 的交流耐压试验；
- (3) 10~35kV 开关、母线、套管等交流耐压试验。
- (4) 10~35kV 电力变压器的工频耐压试验；
- (5) 10~35kV PT 和 CT 的工频耐压试验；
- (6) 发电机组的工频耐压试验；
- (7) 10~35kV 电力电容器等的耐压试验。

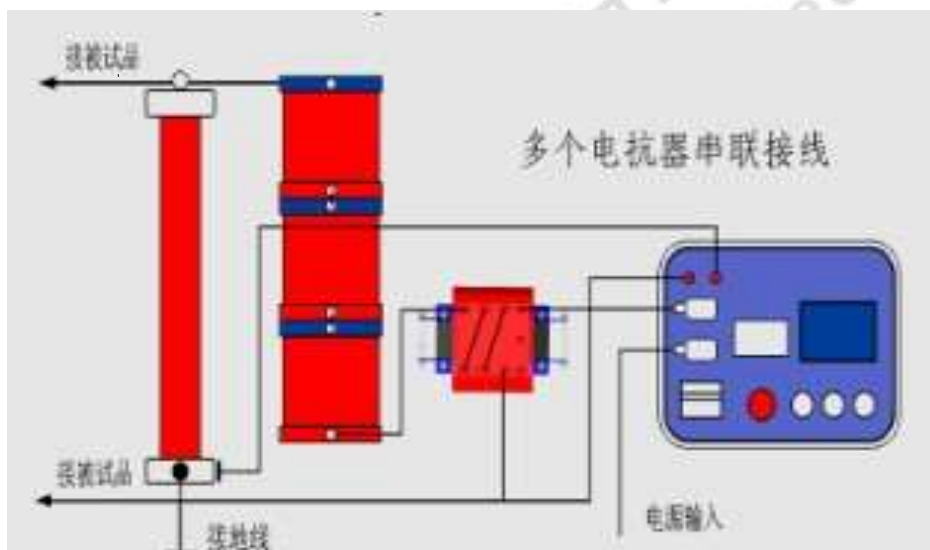
2、面板图



3、电抗器并联方式接线示意图



4、电抗器串联方式接线示意图



5、操作步骤

1) 正确连线，检查无误后方可送电。

必要时工作电源的跳过现场漏电保安器，以免不必要的跳闸。

2) 打开电源开关，主机开始工作，液晶屏显示开机画面

3) 触按菜单钮，进入的主菜单：系统参数设置、试验参数设置、开始耐压试验和历史记录查询四个子菜单项，选择要操作的选项，点击进入。

操作选项	提示
系统参数设置	提示 为了确保试验的安全和准确性,请在开始试验前根据实际的分压器、电抗器变比、电抗器电感和系统参数设置好耐压试验电压、耐压时间、频率范围、激励强度等试验参数!
试验参数设置	
开始耐压试验	
历史记录查询	
退出	

在开始耐压实验前必须要根据实际情况设置好相应参数。

4) 系统参数设置菜单下有分压器变比、激励变变比、电抗器电感和日期和时间四个设定项。旋转菜单钮》选择要改变的项》按下菜单钮》光标闪烁》旋转菜单钮》改变数值》按下菜单钮返回, 设定完成后, 触按退出返回上一级菜单。

分压器变比的设定: 旋转菜单钮, 移动光标需要改变的数位, 触按菜单钮后, 选中的数位反色, 再旋转菜单钮以改变当前数位的数值大小, 触按菜单钮完成当前数位的数值设定, 依次选择下一数位和数值的设定, 直至最末位, 方可完成本次试验的分压器变比设定。

激励变变比的设定: 旋转菜单钮, 移动光标需要改变的数位, 触按菜单钮后, 选中的数位反色, 再旋转菜单钮以改变当前数位的数值大小, 触按菜单钮完成当前数位的数值设定, 依次选择下一数位和数值的设定, 直至最末位, 方可完成本次试验激励变变比设定 (**注意激励变变比指的是高压侧与低压侧的变比主要用做计算高压侧电流**)。

电抗器电感的设定: 旋转菜单钮, 移动光标需要改变的数位, 触按菜单钮后, 选中的数位反色, 再旋转菜单钮以改变当前数位的数值大小, 触按菜单钮完成当前数位的数值设定, 依次选择下一数位和数值的设定, 直至最末位, 方可完成本次试验电抗器电感设定。

系统参数设置	
分压器变比:	1000:1
激励变变比:	10.0:1
电抗器电感:	0100.0H
日期和时间:	00:20:55 2000-01-01
退出	

系统默认上一次的分压器变比、激励变变比和电抗器电感设定值, 须根据实际配置设定相应参数。若分压器变比设定错误, 会导致显示电压不准, 从而对被试品和设备造成损坏; 激励变变比设定错误将导致试验报告中试品电流计算不准; 电抗器电感设定错误会导致试验报告中

被试品电容计算不准；日期和时间设定错误会导致试验报告中试验日期和时间不准。

5) 试验参数设置菜单下有试验电压、耐压时间、频率范围和激励强度四个设定项，全部设定完成后，触按退出返回上一级菜单。

试验参数设置	
试验电压：	100.0kV
耐压时间：	01分00秒
频率范围：	030-400Hz
激励强度：	002.0%
退出	

试验参数设置菜单下有试验电压、耐压时间、频率范围、激励强度等4个子菜单项，分别设定本次试验的试验电压、耐电压时间、频率范围、激励强度，全部设定完成后，触按退出返回上一级菜单。

试验电压的设定：在试验电压项中，旋转菜单钮，移动光标到需要改变的数位，触按菜单钮后，选中的数位反色，再旋转菜单钮以改变当前数位的数值大小，触按菜单钮完成当前数位的数值设定，依次选择下一数位和数值的设定，直至最末位，方可完成本次试验的试验电压的设定。

耐压时间的设定：当试验电压设置完成后，旋转菜单钮，移动光标需要改变的数位，触按菜单钮后，选中的数位反色，再旋转菜单钮以改变当前数位的数值大小，触按菜单钮完成当前数位的数值设定，依次选择下一数位和数值的设定，直至最末位，方可完成本次试验加压时间的设定。

频率范围的设定：旋转菜单钮，移动光标需要改变的数位，触按菜单钮后，选中的数位反色，再旋转菜单钮以改变当前数位的数值大小，触按菜单钮完成当前数位的数值设定，依次选择下一数位和数值的设定，直至最末位，方可完成本次试验频率范围的设定（预估试验频率不同试验设置不同的范围本套系统最大频率范围为30-300Hz）。

激励强度的设定：旋转菜单钮，移动光标需要改变的数位，触按菜单钮后，选中的数位反色，再旋转菜单钮以改变当前数位的数值大小，触按菜单钮完成当前数位的数值设定，依次选

择下一数位和数值的设定，直至最末位，方可完成本次试验激励强度的设定（一般放在 2%找频，视具体试验而定）。

6) 开始耐压试验菜单下有手动试验模式、自动找频模式和自动动试验模式三种子菜单可供选择。

操作选项	提示
系统参数设置 试验参数设置 开始耐压试验 历史记录查询	为了确保试验的安全和准确性,请在开始试验前根据实际的变压器、电抗器组合设置好系统参数,并根据试验要承受的试验电压、耐压时间、频率范围、激励强度设置好试验参数!
退出	

试验模式选择	提示
手动试验 自动找频 自动试验	选择手动试验后,需手动调节频率和电压;选择自动找频,仪器将自动寻找谐振点,然后手动调节电压;选择自动试验后,仪器将自动寻找谐振点,并根据预设的试验电压,自动升压!
退出	

手动试验模式的操作：选中手动调谐模式后触按菜单钮，进入正在手动试验菜单项；手动右旋频率调整钮，对应的频率随之改变，其试验电压也逐步升高，当升到最高电压时，继续右旋频率调整钮时，试验电压开始下降；这时左旋频率调整钮，试验电压又逐步回升，左右回旋频率调整钮，从频率的高位到低位逐位调整最高电压值时的频率就是当前的谐振频率。

正在手动试验	
试验电压:	002.35kV
试验频率:	042.00Hz
激励强度:	02.00%
耐压时间:	00分00秒
输出电流:	000.81A
试品电流:	00.08A

正在手动试验	
试验电压:	005.37kV
试验频率:	046.26Hz
激励强度:	02.00%
耐压时间:	00分00秒
输出电流:	001.25A
试品电流:	00.13A

正在手动试验	
试验电压:	052.01kV
试验频率:	046.26Hz
激励强度:	21.53%
耐压时间:	00分10秒
输出电流:	010.37A
试品电流:	01.03A

自动找频模式：选中自动找频模式，进入试验状态后，装置将在设定的频率范围内自动寻找谐振点（如果被试品电容 C 和电抗器电感 L 的实际谐振频率不在设定的频率范围内，将找不到谐振点，此时根据需要调整频率范围或调整被试品回路的 LC 参数）。找到谐振点后，装置将自动进入手动升压状态，增大激励强度，试验电压逐步升高，当升到试验参数设置中设定的试验电压时，装置将自动稳压，并开始耐压时间计时，达到耐压时间后，设备将逐步降压退出耐压试验。

正在自动找频试验	
试验电压:	002.35kV
试验频率:	042.00Hz
激励强度:	02.00%
耐压时间:	00分00秒
输出电流:	000.81A
试品电流:	00.08A

正在自动找频试验	
试验电压:	005.37kV
试验频率:	046.26Hz
激励强度:	02.00%
耐压时间:	00分00秒
输出电流:	001.25A
试品电流:	00.13A

正在自动找频试验	
试验电压:	052.01kV
试验频率:	046.26Hz
激励强度:	21.53%
耐压时间:	00分10秒
输出电流:	010.37A
试品电流:	01.03A

自动试验模式：选中自动试验，进入试验状态后，装置将在设定的频率范围内自动寻找谐振点（如果被试品电容 C 和电抗器电感 L 的实际谐振频率不在设定的频率范围内，将找不到谐振点，此时根据需要调整频率范围或调整被试品回路的 LC 参数）。当找到谐振点后，装置将自动升压，当升到试验参数设置中设定的试验电压时，装置将自动稳压，并开始耐压时间计时，达到耐压时间后，设备将逐步降压退出耐压试验。

正在自动试验	
试验电压:	002.35kV
试验频率:	042.00Hz
激励强度:	02.00%
耐压时间:	00分00秒
输出电流:	000.81A
试品电流:	00.08A

正在自动试验	
试验电压:	005.37kV
试验频率:	046.26Hz
激励强度:	02.00%
耐压时间:	00分00秒
输出电流:	001.25A
试品电流:	00.13A

正在自动试验	
试验电压:	052.01kV
试验频率:	046.26Hz
激励强度:	21.53%
耐压时间:	00分10秒
输出电流:	010.37A
试品电流:	01.03A

注意：在调节频率调整钮的过程中，向下触按调频按钮，可以改变频率调节的速度实现粗中细调的切换。在调节电压调整钮的过程中，向下触按菜单调整钮，可以改变电压的升降的速度实现粗中细调的切换。向下触按调频调整钮，实现调频与调压间的切换。

7) 退出试验后，进入当前试验记录窗口，按下保存键，保存当前试验记录，按下打印键，打印当前试验记录

注意：在试验过程中再次按下菜单/返回键，则手动退出试验状态

8) 进入历史记录查询窗口，可查询以往和当前试验数据。选择删除键可删除当前查看的试验记录，选择清空键可清空所有试验记录。

试验记录之102/102页	
试验电压:	000.76kV
试验频率:	030.00Hz
激励强度:	02.00%
耐压时间:	00分00秒
输出电流:	000.81A
试品电流:	00.08A
试品电容:	000.28uF
分压器变比:	1000:1
激励变变比:	10.0:1
电抗器电感:	0100.0H
试验结果:	通过耐压试验
日期时间:	2000-01-01 00:49

上页
下页
首页
尾页
删除
清空
打印
退出

9) 装置和试验状态菜单提示: 设备的使用耐压试验过程中, 如果出现影响试验设备、被试验设备以及操作人的安全情况, 设备可能出现自动保护状态, 并在屏幕有相应的提示。

试品闪络: 如果在加压过程中, 装置检测到输出电压突降, 这时设备会退出试验状态并提示试品闪络

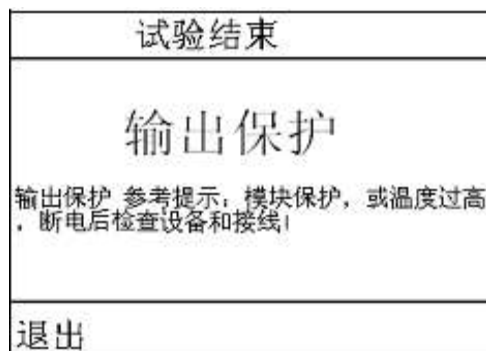
试验结束
试品闪络
试验结束
试品过压
参考提示: 激励强度过大, 或分压器, 激励变压器变比设置过大!
退出

试品过压: 如果装置的输出电压大于试验参数设置中设定的试验电压一定的阈值, 装置将自动保护, 退出试验状态并提示试品过压。

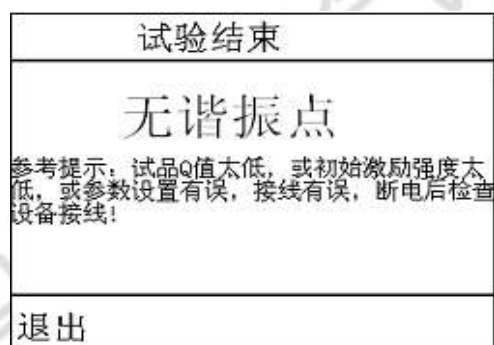
试品过流: 如果装置的输出电流大于出厂设置中设定的保护电流阈值, 装置将自动保护, 退出试验状态并提示试品过流。

试验结束
试品过流
参考提示: 激励强度过大, 或电源输出短路, 注意断电后检查设备接线!
退出

输出保护：若在试验状态中，装置检测到内部功率电子元件失效，装置将自动保护，退出试验状态并提示输出保护。



无谐振点：如果谐振点不在谐振频率设置的范围内或系统连线不正确等现象，装置将找不到谐振点，这时自动找频结束后会提示无谐振点。



10) 设备出厂参数设置是生产厂家的出厂设置参数和校验参数，不适当的设置和修改会影响设备性能和高压试验的安全性，未经厂家授权密码，无法修改。

警告：正常试验状态下，按菜单/返回键即可中止试验。中止或结束试验后，应分离刀闸切断电源。在升压或加压过程中，非紧急情况，不要按下急停键。

6、本说明书的专属名词的定义

自动试验：高压试验全过程由主机按程序和预置参数自动完成。

自动找频：找谐振点由主机按程序自动完成，升压手动完成。

手动试验：寻找谐振点和升压均为手动，通过面板旋钮完成。

系统参数设置是指对设备部件参数的设置。

试验参数设置是指对试验过程参数的设置。

试验模式选择是指对试验模式的选择。

试验结果查询是指对试验数据的查询。

分压器变比是指对分压器的分压比设置。

电抗器电感是指对电抗器电抗值的设置。

激励变变比是指对励磁变压器的变比设置。

试验电压是高压试验时的试验电压。

加压时间是施加试验电压的时间。

激励强度是指主机电源输出的大小。

频率范围是试验的频率范围。

自动试验模式是指试验过程全部自动完成。

自动找频模式是指自动寻找谐振点后，手动加压完成试验。

手动试验模式全部由人工完成试验过程。

不能谐振未能找到谐振点。

输出保护主机电源输出电流大于整定电流。

试验中止指在升压或加压过程装置自动保护。

设备出厂参数设置是厂家对设备有关参数的设置。

菜单/返回键：确认当前操作。

粗调/细调：控制调频或升压过程步进按钮。

急停键：紧急切断电源按键。非紧急情况慎用！

注意：主机一定要接地！

7、常见故障排除

故障现象	发生原因	排除方法
找不到谐振点	接线有误。 输出开关未开； 3、做 GIS 时 PT 二次回路未打开； 4、试品 Q 值太低； 5、起始激励功率太低； 6、试验回路有短路现象； 7、找频范围不对。	退出试验状态，合上输出开关，检查接线； 打开 PT 二次回路； 调高起始功率（ $\angle 30\%$ ）； 用兆欧表测量试品绝缘 重新设置找频范围
谐振后, 电压升不上去	1、试品 Q 值太低； 2、激励电压不够； 3、电抗器底部有铁磁物体； 4、3 次谐波谐振。	检查试品； 改变激励变压器绕组接法，提高励磁电压 绝缘筒架高电抗器或离开铁磁物体。
主机自动复位	供电电源容量不够； 电源引线过长或线径过小； 接头处接触不良； 供电电压波动； 按键死接触。	增加供电电源容量； 换较粗导线，减小导线长度； 检查接头； 减小供电电压波动。
开机后线路跳闸	线路漏电保护器较为敏感； 空气开关容量不够。	跨过漏电保护器或空气开关的接线； 改换较大容量的空气开关。
电压跌落	试品放电或击穿	检查试品
输出短路	电流超过本机限流值。	检查接线和试品。
试品电压不准	分压比设置错误或分压器信号传输有问题。	重设分压比或检查分压器接线。
电压闪变	试验电压剧烈波动，变化率超过本机限定值。	检查供电电源电压稳定性或试品参数的变化。

回路无电流		检查接线和试品。
试品过电压	手动升压太快或失控。	改变调压步距或改用自动升压。
系统不谐振	接线有误或试品 Q 值太低。	检查接线和试品

8、设备保存和维护

- 1、存放于干燥、清洁场地，防止雨水、灰尘进入部件内部；
- 2、如若长期不使用，正常天气至少 2 个月应通电一次时间不少于半小时，雨季及潮湿期应每隔一个月通电一次，通电时间半小时，以驱除设备内的潮气防止电子元器件的锈蚀，影响正常使用。
- 3、定期检查装置各部件，确保各接头紧固无松动；
- 4、更换打印纸，机器采用热敏打印纸并且是前换纸式当需要换纸时只要按 POST 键钮打印纸舱门就会打开可以将新打印纸装入；

9、常用设备资料参考

1、交联聚乙烯电缆单位长度电容量

电缆导体截面积(平方毫米)	电 容 (μ/km)				
	YJV、YJLV	YJV、YJLV	YJV、YJV、YJLV	YJV、YJLV	YJV、YJLV
	6/6kV、 6/10kV	8.7/10kV、 8.7/15kV	12/35kV	21/35kV	26/35kV
1×35	0.212	0.173	0.152		
1×50	0.237	0.192	0.166	0.118	0.114
1×70	0.270	0.217	0.187	0.131	0.125
1×95	0.301	0.240	0.206	0.143	0.135
1×120	0.327	0.261	0.223	0.153	0.143
1×150	0.358	0.284	0.241	0.164	0.153

1×185	0.388	0.307	0.267	0.180	0.163
1×240	0.430	0.339	0.291	0.194	0.176
1×300	0.472	0.370	0.319	0.211	0.190
1×400	0.531	0.418	0.352	0.231	0.209
1×500	0.603	0.438	0.388	0.254	0.232
1×600	0.667	0.470	0.416	0.287	0.256

2、交联聚乙烯电缆单位长度电容量

电缆导体截 面积(平方 毫米)	电 容 (μF/km)				
	YJV、YJLV	YJV、YJLV	YJV、YJV、YJLV	YJV、YJLV	YJV、YJLV
	6/6kV、 6/10kV	8.7/10kV、 8.7/15kV	12/35kV	21/35kV	26/35kV
3×35	0.212	0.173	0.152		
3×50	0.237	0.192	0.166	0.118	0.114
3×70	0.270	0.217	0.187	0.131	0.125
3×95	0.301	0.240	0.206	0.143	0.135
3×120	0.327	0.261	0.223	0.153	0.143
3×150	0.358	0.284	0.241	0.164	0.153
3×185	0.388	0.307	0.267	0.180	0.163
3×240	0.430	0.339	0.291	0.194	0.176
3×300	0.472	0.370	0.319	0.211	0.190
3×400	0.531	0.418	0.352	0.231	0.209
3×500	0.603	0.438	0.388	0.254	0.232
3×600	0.667	0.470	0.416	0.287	0.256

3、交联聚乙烯电缆单位长度电容量

电缆导体截 面积(平方毫 米)	电 容 ($\mu\text{F}/\text{km}$)	
	YJV、YJLV	YJV、YJLV
	64/110kV	128/220kV
3×240	0.129	
3×300	0.139	
3×400	0.156	0.118
3×500	0.169	0.124
3×630	0.188	0.138
3×800	0.214	0.155
3×1000	0.231	0.172
3×1200	0.242	0.179
3×1400	0.259	0.190
3×1600	0.273	0.198
3×1800	0.284	0.297
3×2000	0.296	0.215
3×2200		0.221
3×2500		0.232

4、60kV 级全绝缘变压器的电容 (pF)

类 型	变 压 器 容 量 kVA					
	630	2000	3150	6300	8000	1600
高压一地	2700	4100	4600	5900	7000	8200
低压一地	4200	6600	7900	10000	11000	15300

对于表中没有的产品，可根据表中的上、下容量近似地估算。同容量的双绕组变压器，其绕组电容要比三绕组产品小。

5、110kV 级中性点分级绝缘变压器的电容 (pF)

类 型	变 压 器 容 量 kVA				
	50000	31500	20000	10000	5600
高压—中压、低压、地	14200	11400	8700	6150	4200
中压—高压、低压、地	24800	11800	13200	9600	-
低压—高压、中压、地	19300	19300	12000	9400	6800

6、220kV 级中性点非全级绝缘部分变压器的电容 (pF)

试 品 型 号		SEPSL-63000	SSPSL-120000	SSPSL-240000
类 型	高压—中压、低压及地	12100	13500	17050
	中压—高压、低压及地	18500	19700	23260
	低压—高压、中压及地	18200	23600	29940
试 品 型 号		SFPL-240000	SFP-360000	SFPSZL-120000
类 型	高压—中压、低压及地	32230	33910	38020
	中压—高压、低压及地	-	-	23260
	低压—高压、中压及地	22470	23790	22160

7、油浸式电力变压器交流试验电压

额定电压 (kV)	最高工作 电压 (kV)	线端交流试验电压值 (kV)		中性点交流试验电压值 (kV)	
		全部更 换绕组	部分更换绕组 或交接	全部更换 绕组	部分更换绕组或交 接
<1	≤1	3	2.5	3	2.5
3	3.5	18	15	18	15
6	6.9	25	21	25	21
10	11.5	35	30	35	30
15	17.5	45	38	45	38
20	23.0	55	47	55	47
35	40.5	85	72	85	72
110	126.0	200	170(195)	95	80
220	252.0	360	306	85	72
		395	336	(200)	(170)
500	550.0	630	536	85	72
		680	578	140	120

8、部分型号发电机定子绕组的单相对地电容量

类别	发 电 机				
	型号	生产厂家	额定容量 (MW)	额定电压 (kV)	相电容 (mF)
火 力 发	QFS-125-2	上海电机厂	125	13.8	0.08-0.12
	QFS-200-2	哈尔滨电机 厂	200	15.75	0.19-0.21
	QFQS-200-2	东方电机厂	200	15.75	0.1928-0.21

电机	QFQS-200-2	北京重型电机厂	200	15.75	0.18-0.19
	QFS-300-2	上海电机厂	300	18.0	0.16-0.20
	QFS-300-2	上海电机厂	300	18.0	0.18-0.20
	ATB-2	美国 GE 公司	352	23.0	0.268(设计值)
	TBB-320-2	(前苏联)	320	20.0	0.31
	2-105×234	美国西屋公司	600	20.0	0.2(工厂试验值)
	50WT23E-13 8	ABB	600	22.0	0.253(设计值)
水发 力电 机			72.5 - 85	10.5	0.694
			300	15.75	1.7-2.5
			400	18.0	2-2.5

9、同步发电机定子绕组交流试验电压

1	全部更换定子绕组并修好后的试验电压	容量 kW 或 kVA	小于 10000	10000 及以上		
		额定电压 U_n (V)	36 以上	6000 以下	6000 ~ 18000	18000 以上
		试验电压 V	$2U_n+1000$ 但最低为 1500	$2.5U_n$	$2U_n+3000$	按专门协议
2	大修前或局部更换定子绕组并修好后的试验电压	运行 20 年及以下者	$1.5 U_n$			
		运行 20 年以上与架空线路直接连接者	$1.5 U_n$			
		运行 20 年以上不与架空线路直接连接者	$(1.3 \sim 1.5) U_n$			

10、电缆交流耐压试验方案举例

举一实测例子：一条电缆型号为 YJLV22-8.7/10-3×240mm²，长 50 米，对此条电缆进行交流耐压试验。

1) 电缆电容：

经查参数，此电缆 $C_0 = 0.339 \mu F / km$ ，经计算 50 米长的电缆的电容值为：

$$C_x = 0.339 \times 0.05 = 0.01695 \mu F$$

电容分压器电容值： $C_p = 0.005070 \mu F$

电容总值： $C = C_x + C_p = 0.01695 + 0.005070 = 0.02202 \mu F$

2) 电抗器选择：

试验电压为 $8.7 \times 2.5 = 21.75 kV$

每一节电抗器最高输出电压为 18kV，则选择两节电抗器，输出电压最高可达 36kV；电感总值为：

$$L = L_1 + L_2 = 113.44 H$$

3) 系统谐振频率：

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2 \times 3.14 \times \sqrt{113.44 \times 0.02202 \times 10^{-6}}} \\ = 100.75 Hz$$

4) 电抗器输出电流：

$$I_T = U_T \omega C \\ = 21.75 \times 2 \times 3.14 \times 100.75 \times 0.02202 \times 10^{-6} \times 10^3 \\ = 0.303 A$$

5) 计算结果分析

- 谐振频率为 100.75Hz，在 30~300Hz 范围之内；
- 流过高压电抗器的电流为 0.303A，小于 1.67A
- 结论：采用两只电抗器串联使用的方案可以满足次电缆的试验要求