尊尊敬的顾客

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。

目　录

第一章 产品概述 5
第二章 串联谐振原理 7
第三章 串联谐振试验装置应用 13
第四章 电源主机详细使用介绍 15
第五章 上位机软件操作方法 35
第六章 常见故障排除 38
第七章 相关资料 41

第一章 产品概述

随着电力系统的发展，运行设备的容量越来越大，如火力发电机组，单机容量已超过 600MW，水力发电机组，单机最大容量已达 700MW；另外，110kV、220kV 的 SF_6组合电器（GIS）以及高压电缆，耦合电容器，这些设备的交流工频耐压试验，如果用传统的试验设备（即工频试验变压器），则由于试验需要的容量大，试验变压器、调压器十分笨重，大容量试验电源在现场也很难解决，现场试验极不方便。工频谐振装置，无论从试验电源容量、设备重量、试验波形及投资等方面都具有极大的优势。

该装置主要由电源主机、激励变压器、可调电抗器、电容分压器、补偿电容器组成。

串联谐振在电力系统中应用的优点：

1、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。

2、设备的重量和体积大大减少。串联谐振电源中，不但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，谐振励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。

3、改善输出电压的波形。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，有效的防止了谐波峰值对试品的

误击穿。

4、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。而并联谐振或者试验变压器方式做耐压试验时，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。所以，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隐患。

5、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。

串联谐振试验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，以保护试品。

2、整个装置单件重量很轻，便于现场使用。

3、装置具有四种工作模式，方便用户根据现场情况灵活选择，提高试验速度。

工作模式为：**全自动模式、手动模式、自动调谐手动升压模式、调频调感模式。**

4、能存储和异地打印数据，存入的数据编号是数字，方便的帮助用户识别和查找。

5、装置自动扫频时频率起点可以在规定范围内任意设定，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、采用了DSP平台技术，可以方便的根据用户需要增减功能和升级，也使得人机交换界面更为人性化。

第二章 串联谐振原理

2.1 变频串联谐振

谐振是由R、L、C元件组成的电路在一定条件下发生的一种特殊现象。首先，我们来分析R、L、C串联电路发生谐振的条件和谐振时电路的特性。图1所示R、L、C串联电路，在正弦电压U作用下，其复阻抗：

$$Z = R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right) = R + j(X_L - X_C) = R + jX$$

式中电抗$X=X_L—Xc$是角频率ω的函数，X随ω变化的情况如图2所示。当ω从零开始向∞变化时，X从一∞向+∞变化，在$\omega<\omega_0$时、X<0，电路为容性；在$\omega>\omega_0$时，X＞0，电路为感性；在$\omega=\omega_0$时

$$X(\omega_0) = \omega_0 L - \frac{1}{\omega_0 C} = 0$$

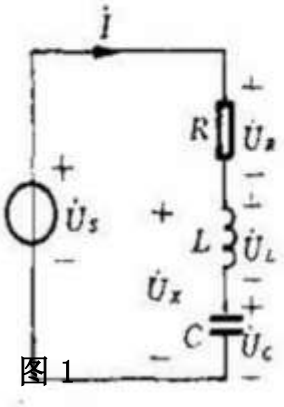


图1

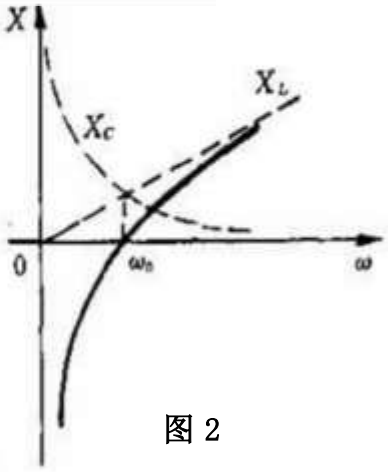


图2

此时电路阻抗$Z(\omega_0)=R$为纯电阻。电压和电流同相，我们将电路此时的工作状态称为谐振。由于这种谐振发生在R、L、C串联电路中，所以又称为串联谐振。式1就是串联电路发生谐振的条件。由此式可求得谐振

角频率 ω_0 如下：

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

谐振频率为

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

由此可知，串联电路的谐振频率是由电路自身参数 L、C 决定的．与外部条件无关，故又称电路的固有频率。当电源频率一定时，可以调节电路参数 L 或 C，使电路固有频率与电源频率一致而发生谐振；在电路参数一定时，可以改变电源频率使之与电路固有频率一致而发生谐振。

2.2 工频串联谐振

工频串联谐振电路原理见图 1，向量图见图2。

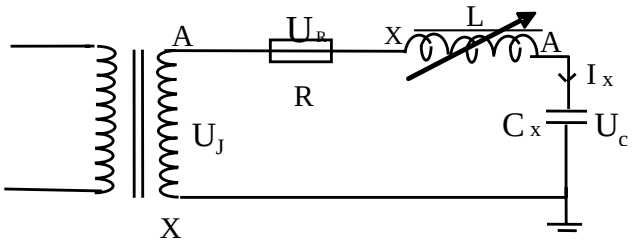


图 1 工频串联谐振回路原理图

L——可调电抗器的电感量

C_X——被试品电容量

R——可调电抗器的有功损耗与被试品介损等及回路综合损耗归算的等效串联电阻。

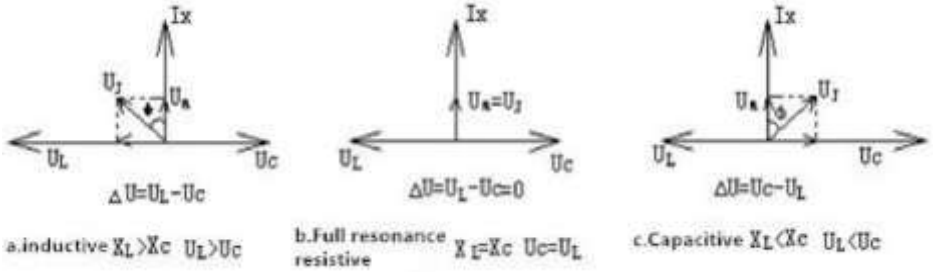


图 2　R、L、C 串联电路向量图

串联电路的谐振特性曲线见图 3，图 1 电路中的激励电压

$$\dot{U}_J = \dot{I}_X R + j\dot{I}(X_C - X_L) \text{ ————————— (1)}$$

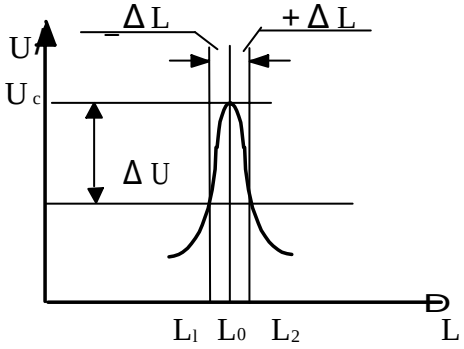


图 3 串联谐振特性曲线

调节串联电路中可调电抗器的电感量，令其在工频 f 下的感抗 X_L 全等于负载电容的容抗 X_{CX}，此时即实现了完全谐振，电抗的电感量为谐振点电感量 L，向量图见图 2，谐振特性曲线见图 3。电路全谐振时，

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_0 Cx}} = \text{工频频率}, \quad L_0 = \frac{1}{(2\pi f)^2 Cx} \text{ ——— (2)}$$

$$I_X = \frac{U_J}{R} \text{ ——————————— (3)}$$

$$U_C = I_X X_{CX} \text{ ——————————— (4)}$$

（4）式中负载电容 C_X 基本为常量，调节 L 使其达到全谐振 L_0 时，调节 I_X，实际是调节（3）式中的 U_J，当达到要求的 U_C 值时，即开始耐压试验。

完全串联谐振下，电源仅提供 U_J 建立 I_X，提供的 COSΦ=1 的激

励功率 $P_J=U_JI_X$ 克服电路中等效的综合有功损耗 I_X^2R，激发并维持稳定的谐振。串联谐振是电压补偿或低电压激励的谐振。

谐振电路综合品质因数 Q 也称谐振电路补偿效率：

$$Q=\frac{S_{CX}}{P_J}=\frac{I_X{}^2X_{CX}}{I_X{}^2R}=\frac{U_C}{U_J}\text{————}（5）$$

式中：S_{CX}——被试品 C_X 耐压时需要提供的功率，其中的很大部是无功功率分量。耐压中试品闪络或击穿后的短路电流 IK 将下降为短路前试验电流 IX 的 1/Q 以下：

$$\frac{I_K}{I_X}=\frac{R}{R+jX_L}<\frac{1}{Q}\text{————————}（6）$$

综述串联谐振耐压电路的主要特点是：

（a）由于谐振无功全补偿，电源和设备的功率仅为被试品所需容量的 1/10 以下（1/Q>10）；同容量的体积小，重量轻，装置输出容量大而所需配置的电源容量小，价廉，使用操作便捷而安全；

（b）串联谐振实际是个电流滤波回路，使通过被试品的电流基本是基波电流，输出电压的波形畸变率（THD）极小，优于现有所有类型的交流耐压设备；

（c）试品闪络或击穿后的短路电流仅为短路前试验电流的 1/10 以下的（1/Q）能有效防止击穿后扩大对故障点的损伤；

（d）闪络后立即自动熄弧，熄弧后恢复谐振状态电压建立的过程较长（秒数）是一个稳态的建立过程，既无电压过冲之虑更无微秒级毫秒级瞬态过程的恢复过电压的危险。

2.2 调谐操作优先

为了试验的安全和顺利进行，在进行串联谐振耐压试验时，必须是先在给定的很低的起始激励电压 U_{J0} 下（一般为几百伏）㈠或电源

主机输出电压 30-50V），再调节可调电抗器 L（即按动增或减间隙）使其达到全谐振 L_0（即电源主机高压显示电压最大），在较小的脱谐度 S_T 范围内缓缓升压，至 U_C 达到实验要求的耐压值。

2.3 串联谐振的品质因数

串联电路谐振时，其电抗 $X(\omega_0)=0$，所以电路的复阻抗

$$Z((1)_0) = R$$

呈现为一个纯电阻，而且阻抗为最小值。谐振时，虽然电抗 $X=X_L-X_C=0$，但感抗与容抗均不为零，只是二者相等。我们称谐振时的感抗或容抗为串联谐振电路的特性阻抗，记为 ρ， 即

$$\rho = \omega_0 L\left(=\frac{1}{\omega_0 C}\right) = \frac{1}{\sqrt{LC}}\cdot L = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

ρ 的单位为欧姆，它是一个由电路参数 L、C 决定的量，与频率无关。

工程上常用特性阻抗与电阻的比值来表征谐振电路的性能，并称此比值为串联电路的品质因数，用 Q 表示，即

$$Q = \frac{\rho}{R} = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{1}{\omega_0 CR} = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}$$

品质因数又称共振系数，有时简称为 Q 值。它是由电路参数 R、L、C 共同决定的一个无量纲的量。

2.4 串联谐振时的电压关系

谐振时各元件的电压分别为

$$\dot{U}_{RO} = R\dot{I}_O = \dot{U}_S$$

$$\dot{U}_{LO} = j\omega_0 L\dot{I}_O = j\omega_0 L\frac{\dot{U}_s}{R} = jQ\dot{U}_s$$

$$\dot{U}_{CO} = j\frac{1}{\omega_0 C}\dot{I}_o = -j\frac{1}{\omega_0 C}\frac{\dot{U}_S}{R} = -jQ\dot{U}_S$$

即谐振时电感电压和电容电压有效值相等，均为外施电压的 Q 倍，但

电感电压超前外施电压90°， 电容电压滞后外施电压90°， 总的电抗电压为0。在电路 Q 值较高时，电感电压和电容电压的数值都将远大于外施电压的值，所以串联谐振又称电压谐振。

常见的试品如变压器、GIS 系统、SF6 断路器、电流互感器、电力电缆、套管等均为容性，系统配备的电抗器为感性，试验时先通过调节电源主机的输出频率使回路发生串联谐振，再在回路谐振的条件下调节电源主机输出电压使试品电压达到试验值。由于回路的谐振，电源主机较小的输出电压就可在试品上产生较高的试验电压。

在实际现场应用中试品上的高压电压和低压电压遵循以下公式：

$$U_{试} = QU_{激}$$

其中：$U_{试}$为高压谐振试验电压，Q 为系统串联谐振的品质因数，$U_{激}$为激励变压器输出电压。

例如：假设系统串联谐振的品质因数 Q 为 30，激励变压器选择 16kV 的抽头，激励变压器额定输入电压为400V，如果激励变压器输入电压为 100V 时，高压电压计算步骤如下：

①计算激励变压器变比

激励变压器变比 N=激励变压器所选抽头电压/输入额定电压

即：N=16kV/400V=16000/400=40

②计算激励变压器输出电压

激励变压器输出电压=激励变压器输入电压*激励变压器变比

即：$U_{激}$=100V*40=4kV

③计算高压谐振试验电压

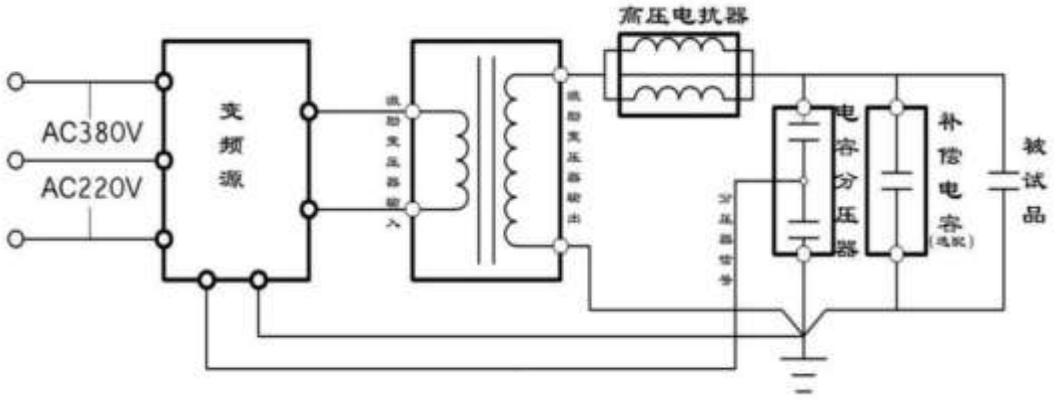
高压谐振试验电压=激励变压器输出电压*系统品质因数

即：$U_{试}$=4kV*30=120kV

故系统最终的高压谐振试验电压为 120kV。

第三章 串联谐振试验装置应用

（一）变频串联谐振交流耐压装置接线示意图



变频串联谐振试验接线图

①电源主机　　②激励变压器　　③电抗器　　④电抗器

⑤分压器　　⑥试品电缆

（二）工频串联谐振交流耐压装置接线示意图

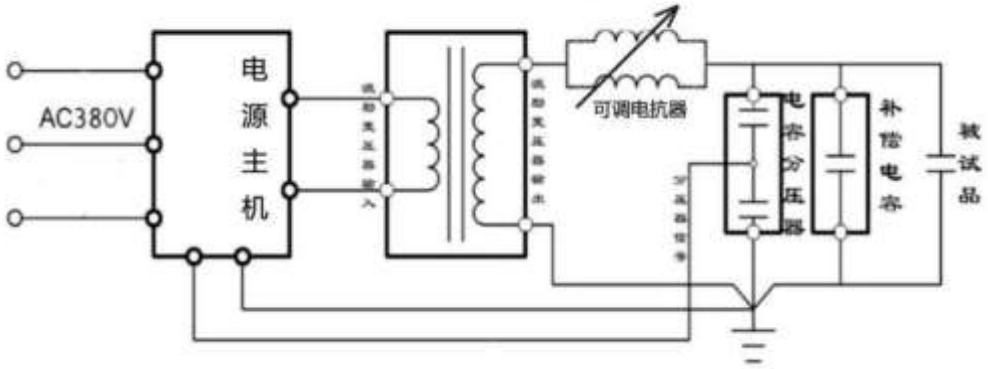
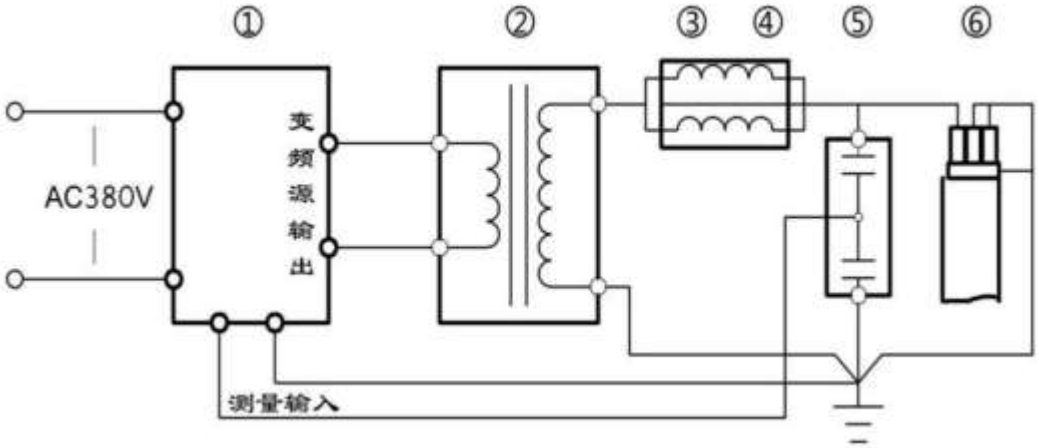


图 4 工频串联谐振交流耐压装置接线图

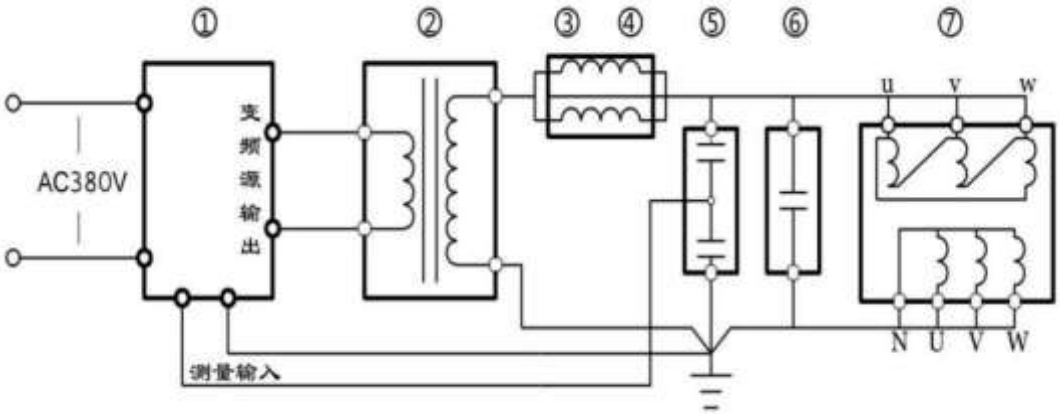
①电源主机　　②激励变压器　　③可调电抗器　　④分压器

（三）交联乙烯电缆的交流耐压



电缆耐压试验接线图

（四）变压器等的交流耐压试验

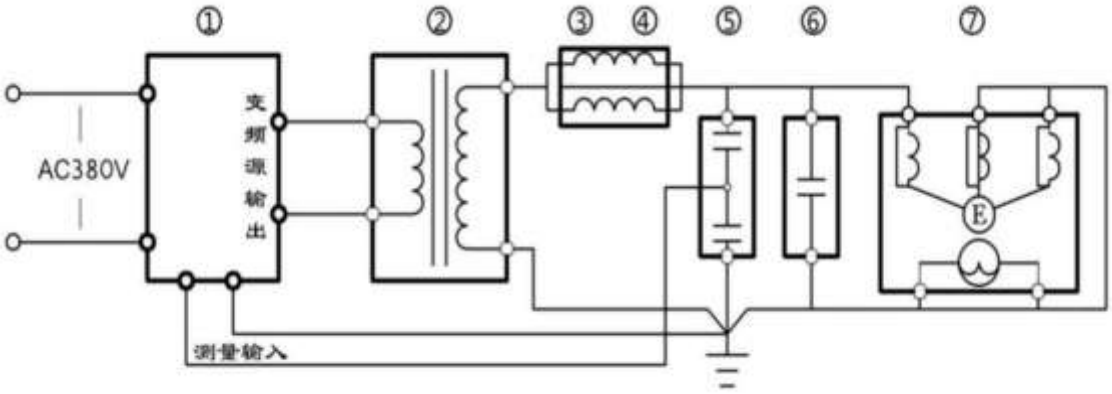


变压器耐压试验接线图

①电源主机　　②激励变压器　　③电抗器　　④电抗器

⑤分压器　　⑥补偿电容(选配)　　⑦试品变压器

（五）发电机等的交流耐压试验



发电机耐压试验接线图

①电源主机　②激励变压器　③电抗器　④电抗器

⑤分压器　⑥补偿电容(选配)　⑦试品发电机

第四章　电源主机详细使用介绍

4.1设备基本说明

4.1设备基本说明

4.1.1电源

- 将380V直接与变频电源的“**输入**”连接。

4.1.2操作面板说明

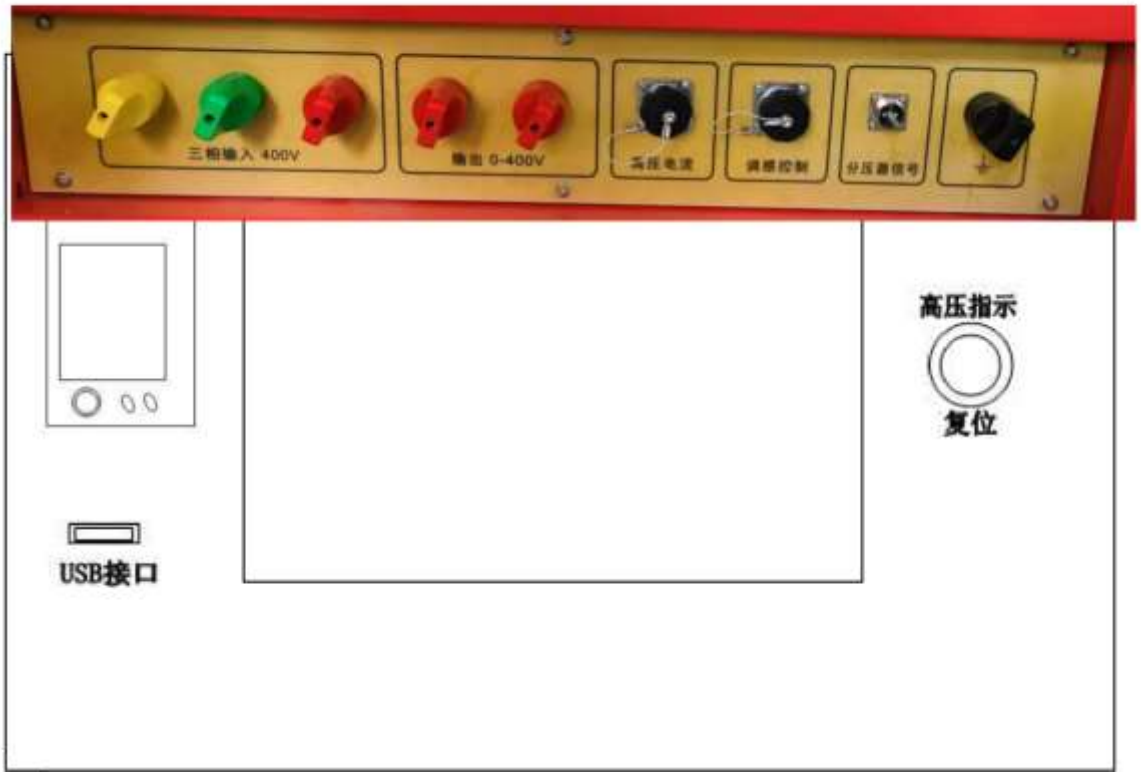


图 1

- **电源开关：**负责变频电源部分的电源供给。
- **高压指示：**变频电源启动指示。
- **高压电流：**用于高压电流采样。
- **调感控制：**用于调节可调电抗器增/减间隙。
- **复位：**负载失谐、变频源过热以及其它保护动作后的故障复位。

- **急停：**发生紧急情况的应急中断按键。
- **分压器信号：**用于接入分压器低压臂，最大电压100V，输入阻抗10M。
- **接地：**用于系统安全接地。
- USB **接口**:用于接入U盘导出试验记录。
- **液晶显示器：**用于系统各参数、波形、菜单等的显示。
- **输入：**电源接入,三相380V±10%或单相220V±10%（45-64Hz）；当电源为380V时，接A,B,C三相,可做额定负载试验；当电源为220V时，接A,C二相,只可做1/2负载试验。
- **输出：**电源主机输出至激励变压器输入。

4.1.3接通电源

电源主机操作箱在通电后合上“**电源开关**”，液晶屏点亮显示。

注意：仪器两侧开孔处的风扇在运行则表示仪器内部功率器件正常工作，否则表示仪器内部过热或上次试验时没有复位。此时应该切断电源，将仪器置于通风处静置1小时左右，待内部适当降低温度后再启动电源。

当风扇经常性的不启动时，建议立即与厂家联系。

当设备出现不可恢复性故障时，请不要自行拆卸仪器。

4.2触摸屏显示器

电源主机的控制屏幕为全触摸屏，只需要在屏幕上要操作的位置轻轻点击，即可以进行操作。

4.2.1开机后，显示主界面，如图2

图2

注意：设备有中英文版本切换，中英文版本点击左上角“中文”可自动切换语言，需定制。

4.2.2点击“**参数设置**”后，参数设置分简易模式、高级模式，按左上角切换设置模式，简易模式显示界面如图3所示。

图 3

目标电压：设置目标电压值。

过压保护：设置目标电压值后，系统默认按 1.1 倍目标电压值设定保护电压，可依具体试验要求更改。

试验时间：设置耐压时长。

分压变比：设置分压器的变比，默认不需要更改。试验时按照实际分压器变比进行更改。

起始频率：选择自动调谐时的启动频率，调频试验中可以增加扫频范围。

终止频率：选择自动调谐时的结束频率，调频试验中可以增加扫频范围。

4.2.3 点击高级模式后，进入详细参数设置，显示界面如图4 所示。

图 4

1. 当第一次试验时建议采用 20Hz~300Hz 进行扫描。

2. 当已经知道大概频率范围时，可以选定在适当的频率段扫描，以减少试验时间。

起始电压：调谐时输出电压的初始值。输入范围为 5-100V。

1.对Q值较低的试品如发电机、电动机、架空母线，初始值设定为20~30V；

2.对Q值较高的试品如电力电缆、变压器、GIS等，初始值设定为15~20V。

- **第一阶段目标电压：**设置试验电压的第一阶段值。
- **第一阶段试验时间：**设置第一阶段试验电压的耐压时间。
- **第二阶段目标电压：**设置试验电压的第二阶段值。
- **第二阶段试验时间：**设置第二阶段试验电压的耐压时间。
- **第三阶段目标电压：**设置试验电压的第三阶段值。
- **第三阶段试验时间：**设置第三阶段试验电压的耐压时间。

设备的电压跟踪系统具备自动校核较大电压波动的功能，但电网电压的波动幅度较小时，由此而引起的高压电压的波动也在仪器的捕捉范围内，因此，我们强烈建议在设置目标电压时，将“ **目标电压** ”的数值设定为比要施加的试验电压低2％Ue。

无阶段性耐压试验时，只需设置一个阶段目标电压值和相应的试验时间，其它阶段目标电压和试验时间设为0。

- **分压变比：** 电容分压器的分压变比，由分压器决定。分压器为1500:1，“分压器变比 ”设置为1500。（也可能为3000:1,出厂已设置好客户无需更改）

分压比“**保存**”：更改分压比时，点击保存，设备则保存当前分压比。否则掉电后还是恢复默认分压比。

- **过压保护：**设置试验电压的极限值。电压超过时自动终止试验，一般比试验电压高10%，最高可设置为额定电压的1.2倍。当试验电压发

生变化时，过压保护默认按照 1.1 倍目标电压自动进行更新。

- **过流保护：**设置低压输出电流的最高值，用百分比表示。默认 100%表示装置输出额定电流。

- **闪络保护：**实际闪络保护电压值,默认值为 1.5kV，客户可以根据现场试验情况进行修改。

- **调频调感：**设置好试验参数，点击调频调感，系统直接进入调频调感试验界面。

- **自动试验：**设置好试验参数，点击自动试验，系统直接进入自动试验界面。

- **手动试验：**设置好试验参数，点击手动试验，系统直接进入手动试验界面。

- **恢复出厂设置：**点击确认后，所有试验参数将恢复到出厂默认参数。

注意：试验参数更改后，试验电压自动保存上一次试验参数，不受掉电影响。分压器变比保存需点击保存按钮，否则开机还是恢复到默认分压器变比。（默认用户无需更改分压器变比，出厂已设置好）

- **自动试验：**当“参数设置”设置完时，点击“自动试验”，进入“自动试验”界面，显示界面如图 5 所示。

图 5

点击“**开始试验**”，系统自动寻找谐振点，右下角提示“调谐中…”，如有异常情况，请点击 “紧急停机 ”；红色曲线代表电压曲线，显示界面如图 6 所示。

图6

找到谐振点后，系统自动升压，右下角提示“升压中…”，如有异常情况，请点击 “紧急停机”；显示界面如图7所示。

图7

当$U_{有效值}$电压升到试验的目标电压时，系统自动耐压计时，右下角提示“第一阶段试验中…”或者“第二阶段试验中…”，如有异常情况，请点击 “紧急停机”； 显示界面如图8所示。

图 8

当计时到设置的耐压时间时，系统自动降压，右下角提示“降压中”，如有异常情况，请点击 “紧急停机”； 显示界面如图9所示。

图 9

当$U_{有效值}$电压降至0时，右下角提示“停机状态”， 显示界面如图10所示。

图10

此时可以点击“保存 ”按钮，显示界面如图 11所示。可以在对应试验阶段输入所要保存的试验编号。然后点击“确认 ”进行保存，或者点击“取消 ”，放弃保存。

图 11

点击确定，对数据进行保存并进入到保存数据预览界面如图 12 所示。

图12

手动试验：当“试验参数”设置完时，点击“手动试验”，进入“手动试验”界面，显示界面如图 13 所示。

图13

点击“**开始试验**”，如需要自动找谐振点，点击“调谐”，系统自动寻找谐振点，红色曲线代表电压曲线，显示界面如图14所示。

图14

如无需自动找谐振点，点击“开始试验”后，将“$U_{低压}$”升到30V，再点击“升频”来找谐振点，在升频率过程中“$U_{有效值}$”电压在“$U_{低压}$”30V时的电压最高时即为谐振点，点击“升压”，显示界面如图15所示。

图15

注意：在手动升压和手动调频时，可根据试验情况调节电压步进和频率步进步长。

当$U_{有效值}$电压升到设置的目标电压值时，点击“开始计时”，系统开始计时。显示界面如图16所示。

图 16

当“耐压时间”计时完成后，点击“降压停机”，系统自动降压，显示界面如图17所示。

图 17

保存数据，可以在耐压计时停止后，再“降压停机”，当$U_{有效值}$电压降压至0时，试验完成。点击“保存”，来进行数据保存如图18所示。

图18

此时点击“确定”，对数据进行保存并进入“数据预览”界面如图19所示，点击“取消”退出不进行保存。

图 19

调频调感：当“试验参数”设置完成，接线无误后，点击“调频调感”，进入“调频调感”界面，显示界面如图20 所示。

图20

点击“**开始试验**”，观察高压电压幅值，此时可通过“升频”、“降频”、“调谐（45-65Hz）”进行调整频率，同时通过“增间隙 ”或“减间隙 ”进行调节可调电抗器间隙，反复调整至当$U_{有效值}$电压幅值达到最大，即表示整套系统已经处于谐振状态。此时即可通过“升压 ”按钮进行升压，升压过程中红色曲线代表电压曲线，显示界面如图21所示。

图21

注意：在手动升压和手动调频时，可根据试验情况调节电压步进和频率步进步长。

当$U_{有效值}$电压升到设置的目标电压值时，点击“开始计时”，系统开始计时。显示界面如图22所示。

图 22

当“耐压时间”计时完成后，点击“降压停机”，系统自动降压，显示界面如图23所示。

图 23

保存数据，可以在耐压计时停止后，再“降压停机”，当$U_{有效值}$电压降压至0时，试验完成。点击“保存”，来进行数据保存

在保存弹窗中点击“确定”，对数据进行保存并进入“数据预览”界

面如图24所示，点击“取消 ”退出不进行保存。

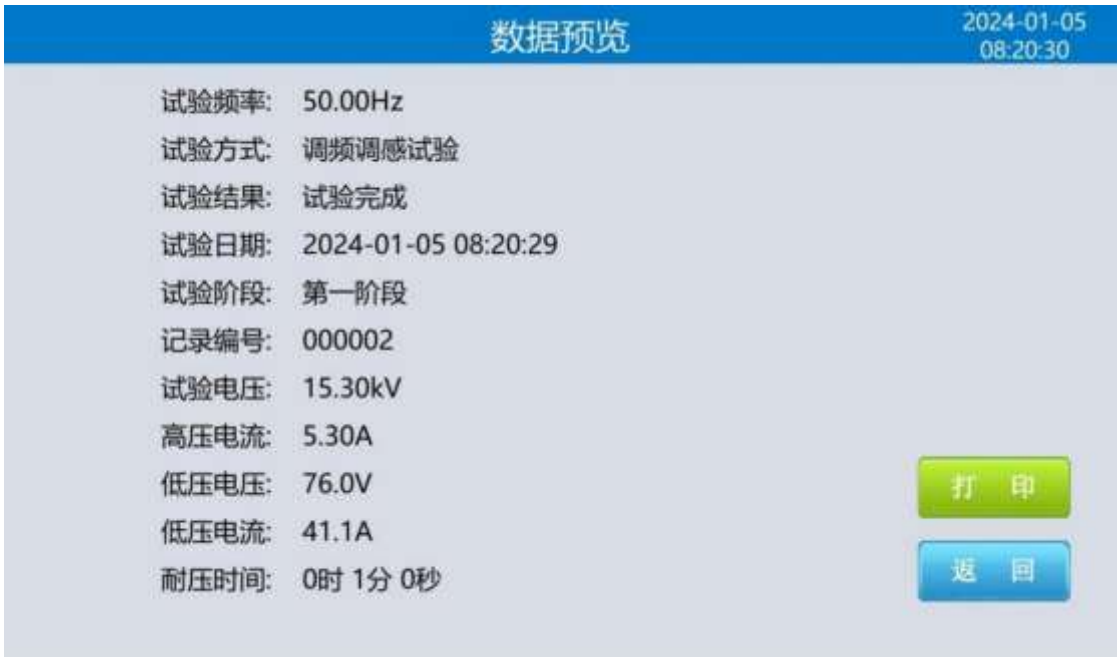


图 24

“增间隙 ”、“减间隙 ”按钮调节可调电抗器过程中，当可调电抗器调节至终点限位时，屏幕将显示“增间隙限位 ”或“减间隙限位 ”，此时不可继续调节，只能反方向调节间隙，屏幕限位提示如下图：

增间隙限位

减间隙限位

数据查询：主界面点击“数据查询”； 显示界面如图25所示。

图25

选择需要查看的“记录编号 ”，并点击“打开文件 ”按钮打开该条记录；如图 26 所示。

图 26

如果需要将试验记录全部导出，插入 U 盘，等待 U 盘识别后，点击“**导出数据**”即可以把试验记录转存到 U 盘。如果导出成功如图27 所示。

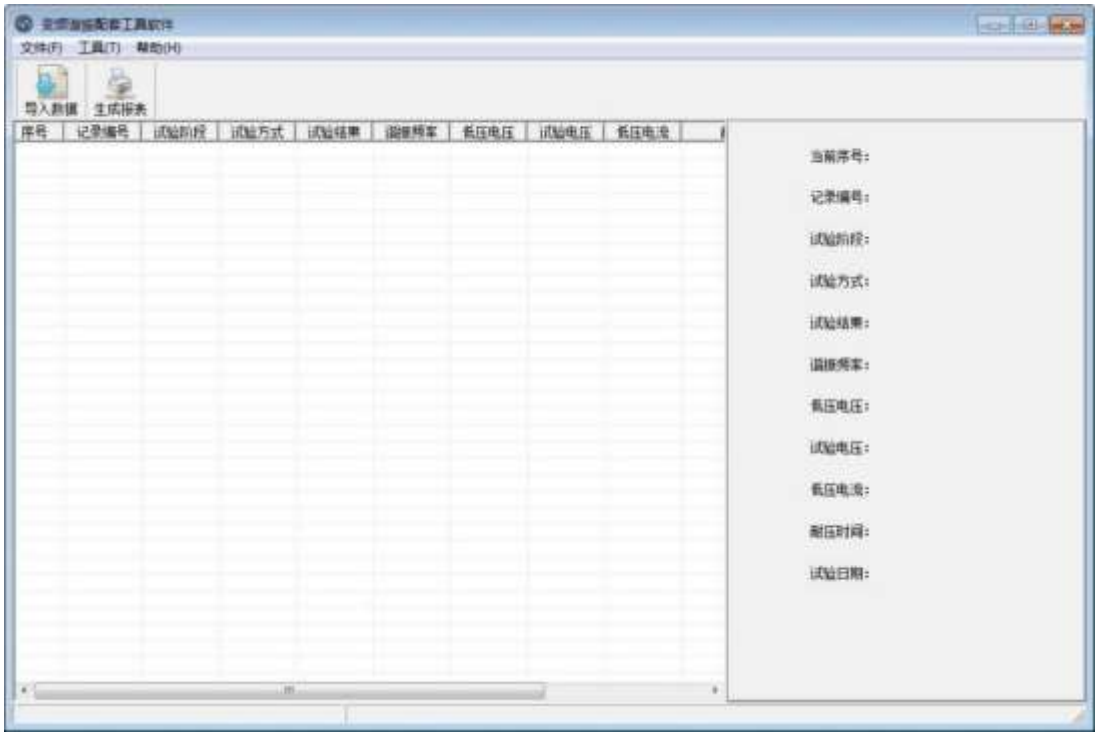
图 27

第五章 上位机软件操作方法

5.上位机软件使用方法

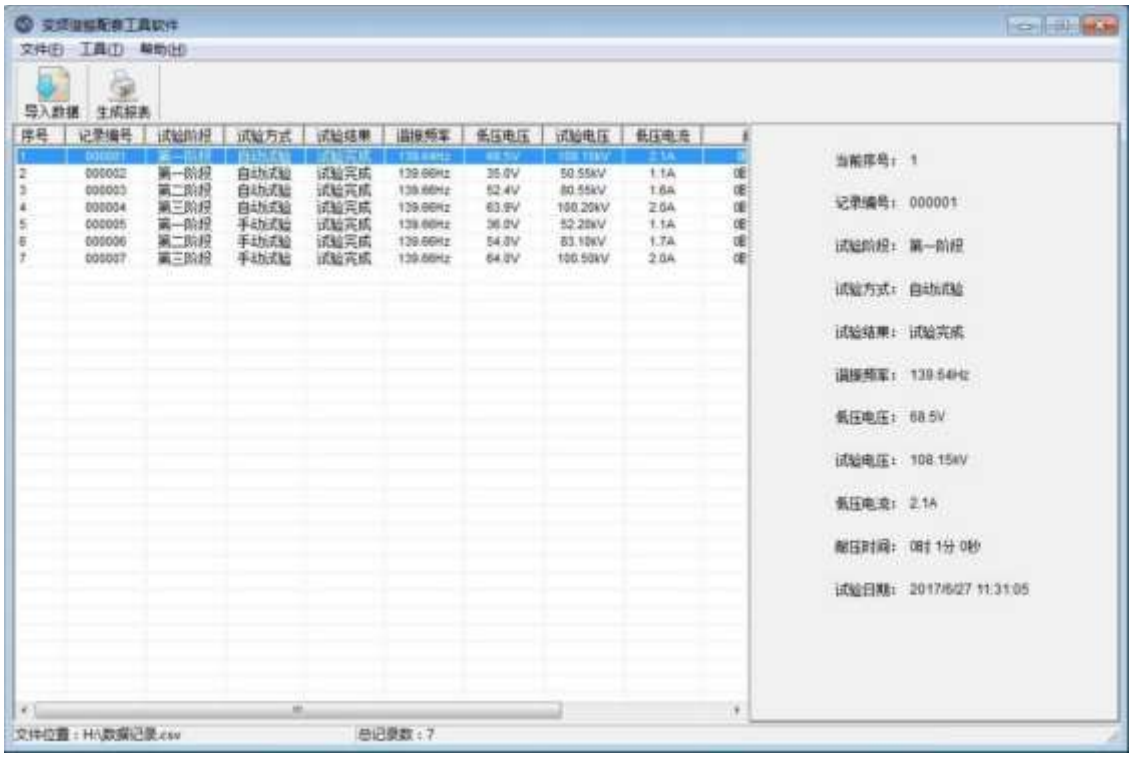
1.打开所配U盘中“上位机软件”文件夹，可以看到软件“bpxz.exe”，打开该软件。

2.配套上位机软件运行界面如下图所示。



3. 点击左上角“导入数据”图标，弹出如下图所示。

4. 选择转存出来的那个文件，文件名为“数据记录.csv”。点击“打开”后界面如下图所示，左侧为所记录的试验记录，右侧为所选择条目的具体内容。



5. 如需要生成试验报告，点击所需要的条目，点击右上方的“生成报

表 ”按钮。会弹出界面如下。

6.此报告为word格式，可以在空白处填写相应的内容，保存后进行打印。

第六章 常见故障排除

6.1 通用注意事项

1.本试验设备应由高压试验专业人员使用，使用前应仔细阅读使用说明书，并经反复操作训练。

2.操作人员应不少于2人。使用时应严格遵守本单位有关高压试验的安全作业规程。

3.为了保证试验的安全正确，除必须熟悉本产品说明书外，还必须严格按国家有关标准和规程进行试验操作。

4.各连接线不能接错，否则可导致试验装置损坏。

5.本装置使用时，输出的是高电压或超高电压，必须可靠接地，注意操作安全。

6.2 常见故障原因及排除

1.风扇不能启动

1）急停、故障保护、失谐保护后，没有按“故障复位”；

2）内部温度过高，功率元件热保护；

排除方法：关断仪器电源，将仪器静置30分钟左右，重新开启电源，按仪器面板上的“**复位**”键，再启动仪器。

如果依然不能启动风扇，请和厂家联系，不可拆卸仪器！

2. 自动调谐不能完成，找不到谐振点

现象：

调谐曲线完全是一条直线，调谐完成后仪器提示没有谐振点。

原因：

回路接地不好，试验回路接线错误，装置某一仪器开路。

排除方法：

1）检查接地装置可靠，接地连接线是否有断开点；

2）检查励磁变压器的高低压线圈的通断；(低压绕组阻值;高压绕组阻值每个输出端对高压尾）

3）检查每一只电抗器的通断；（每个绕组阻值）

4）检查分压器的信号线的通断;(1孔对芯，2 孔对外壳分别导通；1 孔对 2 孔断开）

5）检查分压器的高低压电容臂的通断；(高、低压电容量）

6）装置自身升压时没有谐振点，还需要检查补偿电容器（选配）的通断；

如果所有部件正常，依然没有谐振点，请和厂家联系，不可拆卸仪器！

3.不能升压到试验电压

现象：

1）调谐曲线是一条直线，有较低的尖峰；

2）试验时低压电压较高，高压却较低，甚至在没有升到试验电压时，低压电压已经到达额定电压，回路自动降压；

原因：

1）电抗器与试品电容量不匹配，没有准确找到谐振点；

2）试品损耗较高，系统 Q 值太低；

3）励磁变压器高压输出电压较低；

4）高压连接线过长或没有采用高压防电晕锡箔管；

排除方法：

1）将补偿电容器（选配）并接入试验回路，加大回路电容量；

2）尽可能将多只电抗器串联，提高回路电感量；

3）提高励磁变压器的输出电压；

4）干燥处理被试品，提高被试品的绝缘强度，减少回路的有功损耗；

5） 一般在设备较高电压输出时，采用高压防电晕锡箔管，或将普通高压输出线改为较短的连线，一般不超过 5 米。

如果全部处理完后，依然不能解决问题，请和厂家联系，不可拆卸仪器！

第七章 相关资料

7.1 电力电缆交流耐压试验

采用频率范围为20Hz-300Hz 的交流电压对电缆线路进行耐压试验，试验电压及耐受时间按表 1 要求。

表 1 橡塑电缆线路交流耐压试验电压和时间

额定电压 U_0/U(kV)	试验电压	时间(min)
18/30 及以下	$2U_0$	15 (或 60)
21/35-64/110	$2U_0$	60
127/220	$1.7U_0$ (或 $1.4U_0$)	60
190/330	$1.7U_0$ (或 $1.3U_0$)	60
290/500	$1.7U_0$ (或 $1.1U_0$)	60

注：表 1 摘自《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》GB 50150-2016 P55

除以上国标之外，国内很多地方或企业也相应的出台了地方性试验标准或企标，中低压电缆试验电压为 1.6-2.0 倍的相电压，高压电缆试验电压一般都在 1.4-1.7 倍的相电压，具体根据各个地方标准略有不同。例如表 2 为国网公司企标：

表 2 交联聚乙烯电缆线路交流耐压试验电压和时间

<table>
<tr><td rowspan="2">额定电压
U_0/U (kV)</td><td colspan="2">试验电压</td><td rowspan="2">时间(min)</td></tr>
<tr><td>新投运线路或不超过 3 年的非新投运线路</td><td>非新投运线路</td></tr>
<tr><td>48/66</td><td rowspan="2">$2U_0$</td><td rowspan="2">$1.6U_0$</td><td rowspan="5">60</td></tr>
<tr><td>64/110</td></tr>
<tr><td>127/220</td><td rowspan="3">$1.7U_0$</td><td rowspan="3">$1.36U_0$</td></tr>
<tr><td>190/330</td></tr>
<tr><td>290/550</td></tr>
</table>

注：表 2 摘自国网公司《电力电缆线路试验规程》Q/GDW 11316-2018 P5

7.2 变压器交流耐压试验

7.2.1 交接试验标准

表 3 电力变压器交流试验电压参考表

系统标称电压 kV	设备最高电压 kV	交流耐受电压kV	
		油浸式电力变压器	干式电力变压器
<1	≤1.1	——	2
3	3.6	14	8
6	7.2	20	16
10	12	28	28
15	17.5	36	30
20	24	44	40
35	40.5	68	56
66	72.5	112	——
110	126	160	——

表 4 额定电压 110(66)kV 及以上的电力变压器中性点交流耐压试验电压值(kV)

系统标称电压	设备最高电压	中性点接地方式	出厂交流耐受电压	交接交流耐受电压
66	——	——	——	——
110	126	不直接接地	95	76
220	252	直接接地	85	68
		不直接接地	200	160
330	363	直接接地	85	68
		不直接接地	230	184
500	550	直接接地	85	68
		经小电阻接地	140	112
750	800	直接接地	150	120

注：表 3、表 4 摘自《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》GB 50150-2016 P78

7.2.2 预防试验标准

表 5 电力变压器交流试验电压值

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时	全部更换绕组	部分更换绕组或交接时
<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
66	72.5	140	120	140	120
110	126.0	200	170（195）	95	80
220	252.0	360	306	85	72
		395	336	（200）	（170）
330	363.0	460	391	85	72
		510	434	230	195
500	550.0	630	536	85	72
		680	578	140	120

注：表 5 摘自《电力设备预防性试验过程》DL/T 596-2021　P38

7.3 发电机交流耐压试验

7.3.1 交接试验标准

表 6 定子绕组交流耐压试验电压

容量(kW)	额定电压(V)	试验电压(V)
10000 以下	36 以上	(1000+2Un)*0.8，最低为 1200
10000 及以上	24000 以下	(1000+2Un)*0.8
10000 及以上	24000 及以上	与厂家协商

注：表 6 摘自《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》GB 50150-2016 P10

7.3.2 预防性试验标准

表 7 定子绕组交流耐压试验

<table>
<tr><td rowspan="12">定子绕组交流耐压试验</td><td rowspan="12">1)大修前
2)更换绕组后</td><td colspan="3">1)全部更换定子绕组并修好后的试验电压如下：</td><td rowspan="12">1)应在停机后清除污秽前热状态下进行。处于备用状态时，可在冷状态下进行。氢冷发电机试验条件同本表序号 3 的说明 1)
2)水内冷电机一般应在通水的情况下进行试验，进口机组按厂家规定，水质要求同本表序号 3 说明 5)
3)有条件时，可采用超低频 (0.1Hz)耐压，试验电压峰值为工频试验电压峰值的 1.2 倍
4)全部或局部更换定子绕组的工艺过程中的试验电压请参考相关资料</td></tr>
<tr><td>容 量
kW 或 kVA</td><td>额定电压
U_n V</td><td>试验电压
V</td></tr>
<tr><td>小于
10000</td><td>36 以上</td><td>2 U_n
+1000 但最低为 1500</td></tr>
<tr><td rowspan="3">10000 及以上</td><td>6000 以下</td><td>2.5U_n</td></tr>
<tr><td>6000~
18000</td><td>2 U_n
+3000</td></tr>
<tr><td>18000 以上</td><td>按专门协议</td></tr>
<tr><td colspan="3">2)大修前或局部更换定子绕组并修好后试验电压为：</td></tr>
<tr><td colspan="2">运行 20 年及以下者</td><td>1.5U_n</td></tr>
<tr><td colspan="2">运行 20 年以上与架空线路直接连接者</td><td>1.5U_n</td></tr>
<tr><td colspan="2">运行 20 年以上不与架空线路直接连接者</td><td>(1.3~
1.5) U_n</td></tr>
</table>

注：表 7 摘自《电力设备预防性试验过程》DL/T 596-1996 P10

7.4 谐振装置容量选择

试验电流： $I=2\pi fCU\times10^{-3}$ (A)

频率的选择(Hz)

1、发电机——50Hz，取 50Hz

2、变压器——45~65Hz，取 50Hz

3、GIS、开关、母线——20~300Hz，取 45Hz

4、电力电缆——20~300Hz，取 35Hz

电压的选择(kV)

按照规程要求，确定最高试验电压。

电容量的选择(μF)

根据被试品最大电容量确定

装置最大容量：$P=UI\times1.25$ (kVA)