

ZSCX 系列变频串联谐振成套装置

使用说明书



武汉中试高测电气有限公司

目录

一、应用范围	
2	
二、主要性能指标及特点	2
	2.1 主要技术指标
2	
	2.2 主要特点
2	
三、工作原理及系统配置	3
	3.1 工作原理
3	
	3.2 系统配置
3	
	3.3 决定系统配置的因素
4	
四、型号说明	
4	
	4.1 系统型号说明
4	
	4.2 变频控制器型号说明
4	
	4.3 励磁变压器型号说明
5	
	4.4 试验电抗器型号说明
5	
	4.5 分压器型号说明
5	
五、试验及试验接线	5
	5.1 交联聚乙烯电缆的交流耐压试验
6	
	5.2 GIS 的交流耐压试验
7	
	5.3 大型变压器的交流耐压试验
7	
	5.4 大型发电机组的交流耐压试验
8	

5.5	其它试品的交流耐压试验	
9		
六、试验操作步骤及注意事项		9
6.1	试验操作步骤	
9		
6.2	注意事项	
10		
七、常见故障及分析		11
八、维护		
12		
	8.1	日常维护
12		
	8.2	运输
12		
九、随机文件		
12		
十、附录：交联聚乙烯电缆相关技术参数		12

一、应用范围

变频串联谐振成套试验装置是运用串联谐振的原理，利用励磁变压器激发串联谐振回路，通过调节变频控制器的输出频率，使得回路中的电抗器电感L和试品电容C发生串联谐振，谐振电压即为试品上所加电压。变频谐振试验装置广泛用于电力、冶金、石油、化工等行业，适用于大容量、高电压的电容性试品的交接和预防性试验。

适用于10KV、35KV、110KV、220KV、500KV交联聚乙烯电力电缆交流耐压试验

适用于66KV、110KV、220KV、500KV、GIS交流耐压试验

适用于大型发电机组、电力变压器工频耐压

适用于电力变压器的感应耐压试验

二、主要性能指标及特点

2.1 主要技术指标

(1) 工作温度范围：-10~45℃

(2) 工作湿度范围：≤90%

(3) 海拔：≤1000m

(4) 供电电源电压：380V±10%、三相或220V±10%、单相（10KW及以下）
50/60Hz

(5) 供电电源容量：0-300KW

- (6) 额定输出电压：0-1000KV
- (7) 额定输出容量：0-35MVA
- (8) 工作频率范围：30-350Hz（亦可根据用户要求放宽频率范围）
- (9) 频率调节分辨率：0.02Hz； 不稳定性 \leq 0.05%
- (10) 噪音： \leq 60dB
- (11) 系统测量精度：1级
- (12) 输出波形：正弦波，波形畸变率 \leq 1%
- (13) 电抗器Q值：30-120
- (14) 系统具有 IGBT、过电压、过电流、试品闪络等全自动保护

2. 2 主要特点

2. 2. 1 体积小、重量轻，适合于现场使用

变频控制器集调压、调频、控制及保护功能为一体，省去了笨重的调压器，而且操作方便、读数直观。由于系统Q值较高（30-120），有效地解决了由于电源容量的不足对现场试验的制约。当电压等级较高时，电抗器采用多级或叠积式结构，便于运输及现场安装。

2. 2. 2 安装可靠性高

变频装置采用先进的设计思想、高品质的IGBT及驱动回路使输出波形失真度小，频率输出稳定性好，具有良好的IGBT、过电流、过电压（保护值可根据需要人为整定）以及放电保护功能，可保护设备及人身安全；当试品放电或击穿时，由于谐振条件被破坏，短路电流小，只有试品试验电流的1/Q，避免了因击穿对试品造成的损坏。

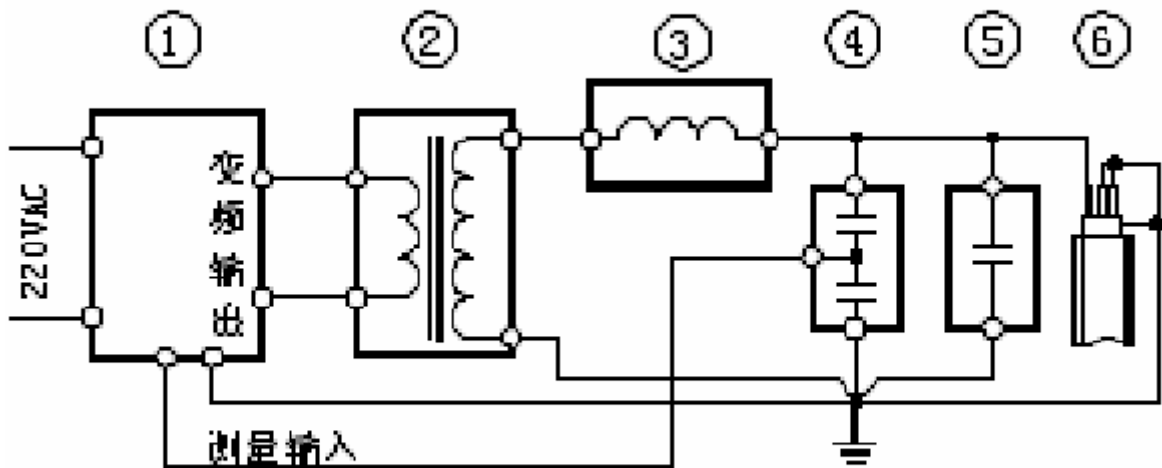
2. 2. 3 试验的等效性好

采用接近工频（30HZ-350HZ）的交流电压作为试验电源，无论是在等效性和一致性上都与50HZ/60HZ的工频电源非常接近，保证了试验结果的可靠性和真实性。

三、工作原理及系统配置

3. 1 工作原理

电缆耐压试验接线图



- | | |
|--------|--------|
| ① 变频电源 | ④ 分压器 |
| ② 励磁变 | ⑤ 补偿电容 |
| ③ 电抗器 | ⑥ 试品电缆 |

高压电抗器③可并、可串接使用，以保证回路在适当的频率下谐振。通过变频控制器①提供电源，试验电压由励磁变压器②经过初步升压后，使高压加在高压电抗器③和试品⑥上，通过改变变频控制器的输出频率，使回路处于串联谐振状态；调节变频电源的输出电压幅度值，使试品上的高压达到合适的电压值。回路的谐振频率取决于与被试品串联的电抗器的电感 L 和试品的电容 C_x ，谐振频率 $f=1/(2\pi\sqrt{LC_x})$ 。

3. 2 系统配置

3. 2. 1 变频控制器

变频控制器从结构上分为两大类：50kW 及以上为控制台式，50kW 以下为便携箱式；它是由控制器和滤波器组成。在系统中变频控制器的主要作用是把幅值和频率固定的工频 380V 或 220V 的正弦交流电转变成幅值和频率可调的正弦波，并为整套设备提供电源。

变频控制器具有 IGBT 保护、过流保护、过压保护、放电保护、进线保护等可靠的保护功能，保证试验人员和试品的安全。

IGBT 保护：当 IGBT 电流过大或过热时，CPU 将停止工作，直到系统恢复正常。

过压保护：是指当试验电压超过人为整定的保护电压（保护电压可根据不同试验电压需要任意设定）时，控制器自动跳闸，CPU 停止工作，并提示系统发生过压保护。

过流保护：是当 CPU 检测到母线工作电流超过 IGBT 工作电流或 IGBT 温度过高时 CPU 会发生过流保护信号，装置停止工作，并通过液晶屏提示系统发生过流保护。

放电保护：当试器击穿、短路或试品放电时，CPU 停止工作，并切断主回路。

进线保护、低通滤波器：不仅可以在稳态下使放电或击穿电流小，而且使暂态（瞬时）电流的破坏减小，从而保证设备和人身的安全。

测量部分：试验人员可直接从变频控制器控制面板上读取输入电压、电流、当前工作频率、变频控制器输出电压、电流及试品上所加谐振电压和电流信号。

技术参数

额定输入：380V、三相或 220V、单相 50Hz/60Hz

额定输出：0~400V 或 0~220V

频率分辨率：0.02Hz

输出波形：正弦波

输出频率：20~350Hz

额定容量：5KW、10KW、20KW、50KW、100KW、200KW、300KW、（其中 5KW、10KW，15KW 可采用单相电源供电）。

3. 2. 2 励磁变压器

励磁变压器的作用是将变频电源的输出电压升到合适的试验电压，满足电抗器、负载在一不定期品质因数下试验电压的要求（励磁变压器的容量一般与变频控制器相同）。为了满足不同电压等级、不同容量试品的试验要求，励磁变压器高压绕组一般有多个抽头。

3. 2. 3 高压电抗器

高压电抗器 L 是谐振回路的重要部件，当电源频率等于 $1 / (2\pi \sqrt{LC_x})$ 时，它与被试品 C_x 发生串联谐振；电抗器的性能直接影响到系统 Q 值的大小。

3. 2. 4 高压分压器

高压分压器是高电压测试器件，它由高压臂 C1 和低压臂 C2 组成，测量信号从低压臂 C2 上引出，作为高压电测量和保护信号。

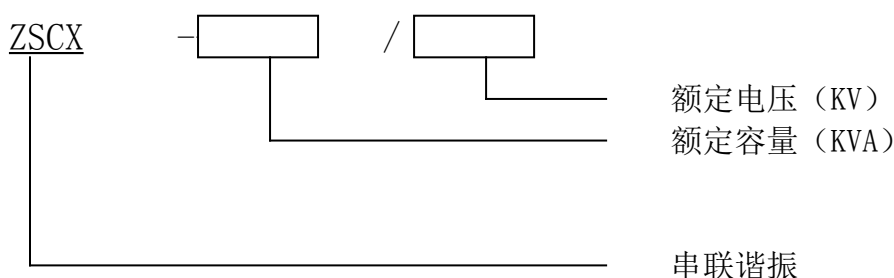
3. 3 决定系统配置参数的因素

系统谐振电压等级和容量取决于试品的电容量 C，试验电压 U 试验频率 f。

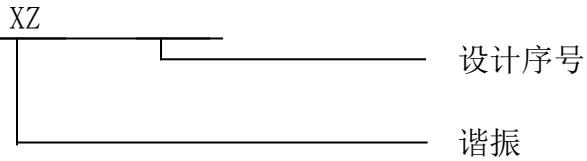
- 1) 对于交联聚乙烯电缆决定系统配置的主要是：电缆的电压等级、电缆的截面积、试验电缆的长度及电缆要求的谐振频率范围。
- 2) 对于 GIS 决定系统配置的因素为：GIS 的电压等级、GIS 的间隔数和每个间隔的电容量 C，GIS 允许的试验频率范围。
- 3) 对于变压器、发电机等设备，系统的配置取决于试品的容量试验电压、试品的等效电容量 C、要求的谐振频率和试品的空载损耗的大小。

四、型号说明

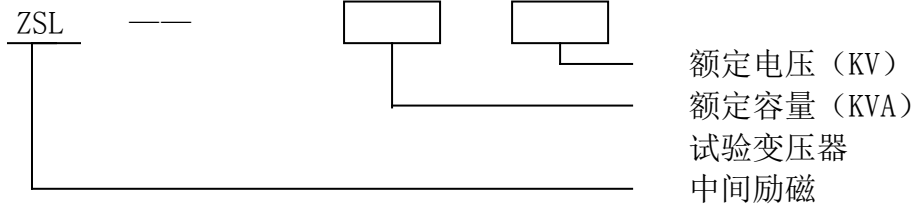
4. 1 系统型号说明



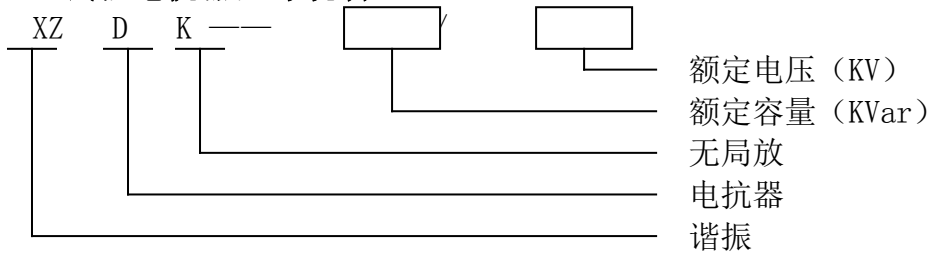
4. 2 变频控制器型号说明



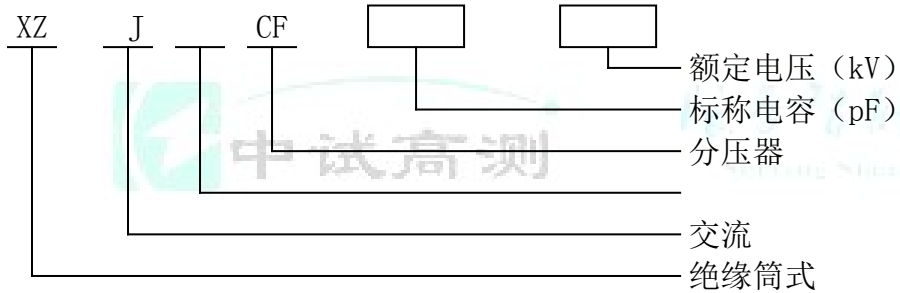
4.3 励磁变压器型号说明



4.4 试验电抗器型号说明



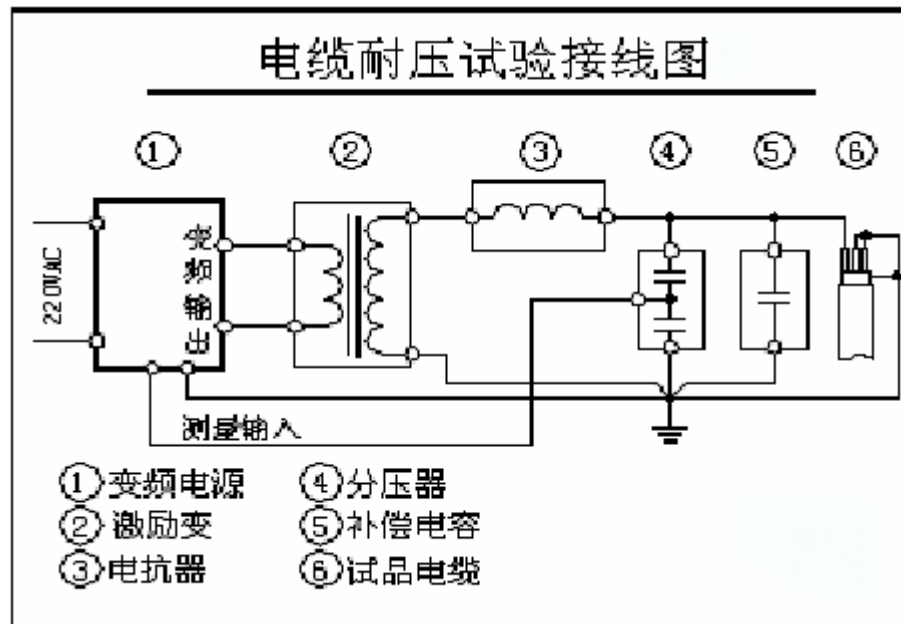
4.5 分压器型号说明



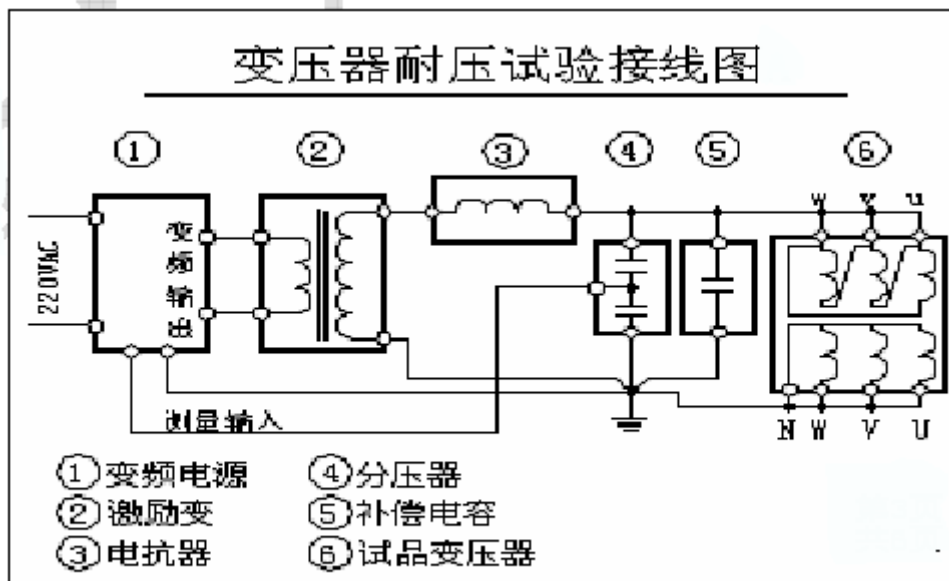
五、试验接线及面板布局

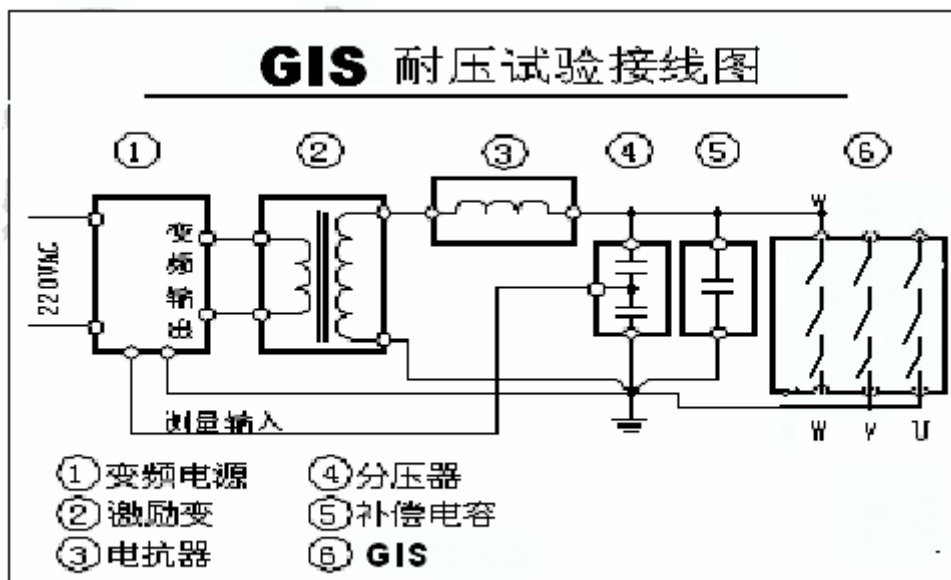
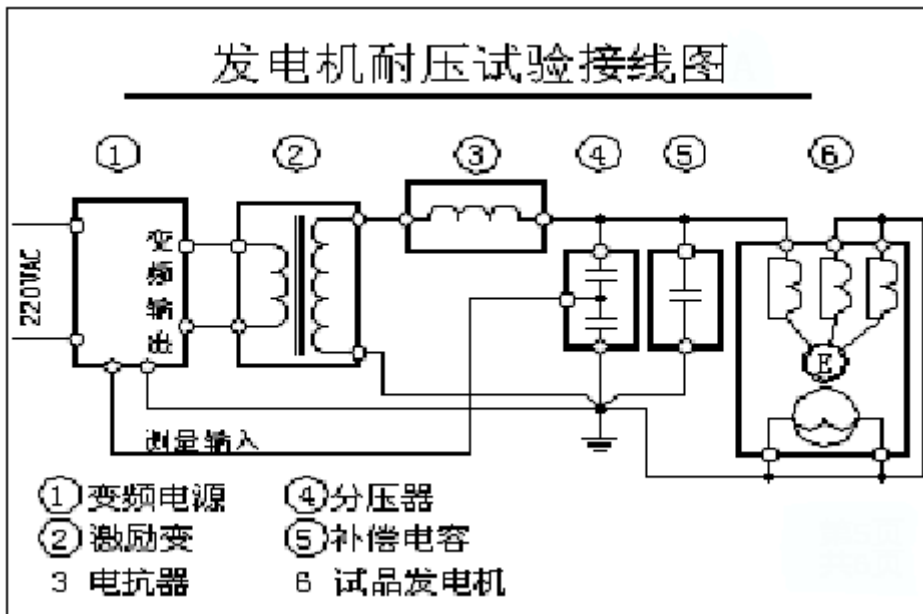
5.1 本套试验装置测量各种被试品的接线示意图

电缆耐压试验接线图



变压器耐压试验接线图



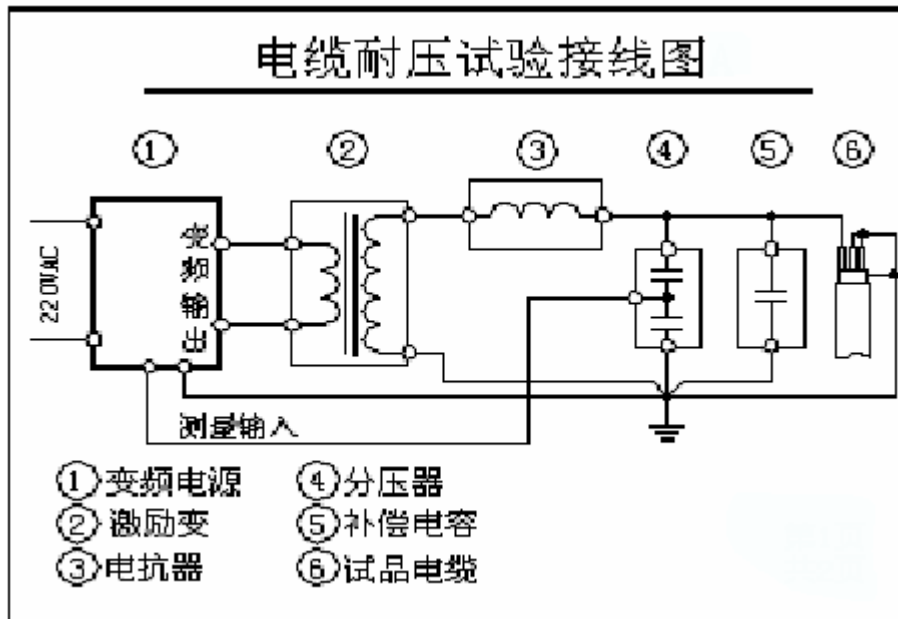


5.2 交联聚乙烯电缆《XLPE》的交流耐压试验

交联聚乙烯电缆《XLPE》属于固体绝缘电缆，是经过特殊的物理、化学方法交联而成，具有良好的电气及物理性能，在世界范围内得到了广泛的应用。我国自七十年代以来，交联聚乙烯电缆也得到了迅速的发展，并逐步取代了常规中低压油纸绝缘电缆，而且110KV、220KV等高压电缆也在逐步推广。

交联聚乙烯电缆它最大的特点就是容量大，若是采用工频或接近工频的交流电压试验作为挤包绝缘电缆线路竣工试验存在的最大困难是长线路需要很大容量的试验设备：例如630平方毫米220KVXLPE电缆线路，电容量为0.188uF/Km，若电缆长3Km，则每相电缆试验需要50Hz试验设备的容量至少为2.9MVA（试验电压178KV试验电流30A），因此，采用传统的试验变压器的试验方法已经远远不能满足现场系统试验容量的要求，变频谐振试验装置利用变频谐振的原理，使电源容量减少为试品容量的1/Q，设备的重量大大降低，使得高电压、长距离电缆的现场试验成为可能；同时利用试验频率允许在

一定范围内（30-300Hz）可调和试验电抗器固定可调（单一电抗器电感是不可调的，但通过串并联，总电感可调）的原理，使得系统的柔性大大增加。
电缆试验的接线图如下：



橡胶电缆的变频交流耐压试验接线示意图

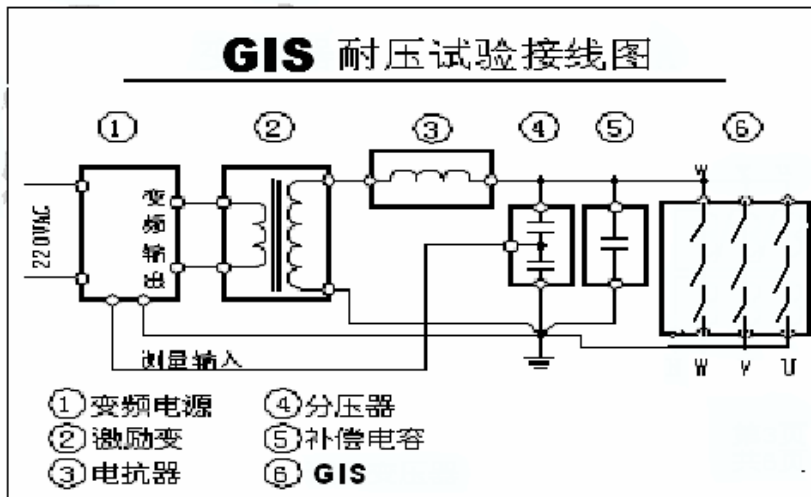
5.3 GIS（气体绝缘金属封闭组合电器）的交流耐压试验

GIS 是一种把断路器、隔离开关、接地开关、电压互感器、电流互感器、测量仪表组合在一起，并以 SF6 气体绝缘的组合电器，一般由 1-7 个间隔组成，电容量一般在 10000PF 以下。

根据 IEC517（补充）的标准，GIS 试验电压的频率范围应在 10-300Hz，与国标 GB7674-1997 等效。

我国“城网气体绝缘变电站若干技术问题的暂行规定”对 GIS 的现场工频耐压值作了规定，取不超过出厂试验电压的 90%。IEC517 标准建议的试验电压为出厂试验电压的 80%，并要求试验频率限制在 10-300Hz 范围之内。

GIS 的交流耐压试验接线图如下：

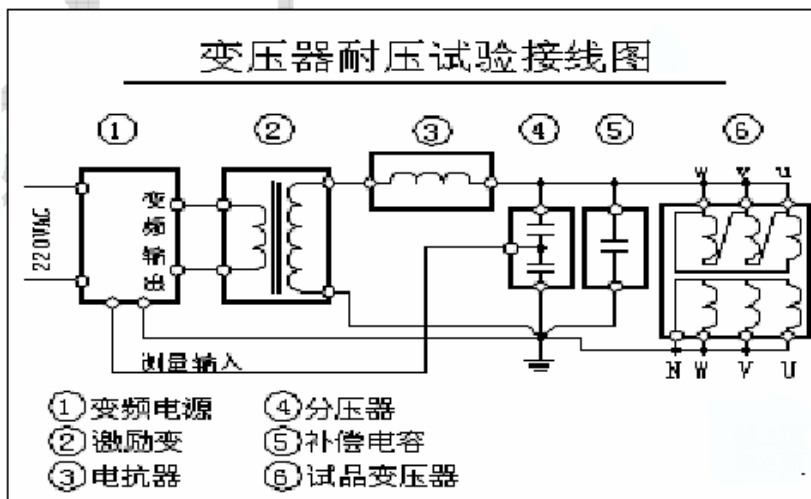


GIS 交流耐压试验接线图

5. 4 大型变压器的交流耐压试验（外施工频交流耐压及感应耐压试验）

变压器应该进行外施耐压试验。它是考验产品主绝缘电气强度的最基本的绝缘试验。是发现主绝缘是否合理，绝缘材料有无缺陷和制造工艺是否符合要求的重要手段之一，对试验频率一般要求在工频，即 45-65Hz。

采用变频谐振的方式，通过补偿电容器使谐振频率控制在 45-65Hz 之内，由于回路谐振时 Q 值高，这样可大大减小试验电源的容量，并且频率可调，也增大了设备的应用范围，试验接线如下图所示：



变压器交流耐压接线图

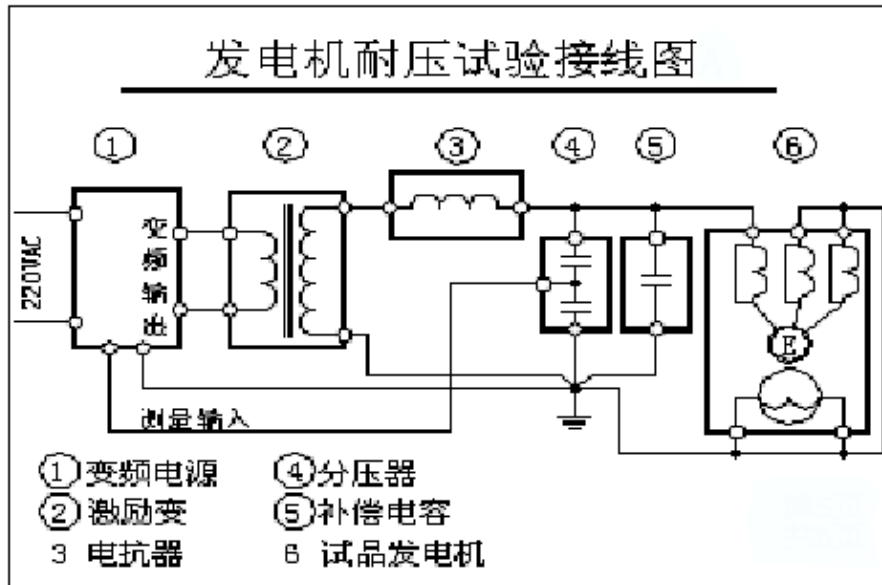
感应耐压的倍数，对于电力变压器一般采用额定电压的两倍，为了不使铁芯中磁通饱和，应使用两倍以上额定频率的电源装置。一般规定频率应在 100-400Hz 范围内，但经证明感应耐压试验的频率一般为 150-200Hz 为宜。

5.5 大型发电机组的交流耐压试验

根据国家和地方电力部门的规定发电机在制造、安装、检修和运行以及预防性试验中都应进行交流耐压试验，试验时试验电压和工作电压的波形、频率一致，作用于绝缘内部的电压分布及击穿性能能够适应发电机的工作状态，试验电压一般为 $0.75(2U_n+3000)$ 或 $1.5U_n$ ，频率要求为工频。

采用 BZ2000 变频串联谐振试验成套装置再配上合适的补偿电容器在频率和容量上都可以很地满足发电机的交流耐压要求。

试验接线如下图：



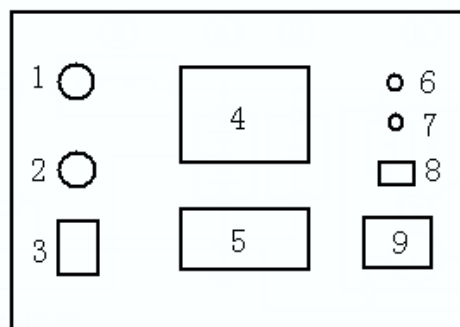
发电机的交流耐压接线示意图

5.6 其它试品的交流耐压试验

互感器、套管等设备在作耐压试验时，都相当于一电容，利用电抗器和补偿电容器也可以使系统在 50Hz 附近发生谐振，达到工频绝缘试验的目的。

5.7 面板布局

1. 输出
2. 输入
3. 功率电源开关
4. 液晶显示器
5. 打印机
6. 接地
7. 分压器输入
8. 仪器工作电源
9. 按键



六、试验操作步骤及注意事项

6.1 试验操作步骤

1. 根据各种试品接线方法，保证各点的接触良好，保证高压系统一点接地，且接地点距分压器最近。变频电源应该单独接地以避免高压放电对其设备的损坏。

2. 确保连接无误后接通电源。

3. 打开主机电源开关会显示主菜单

试验参数设置

手动试验

自动试验

试验记录

4. 试验前请进入出厂设置，同时按↑ ↓ 键进入请输入密码，密码为↑ ↓ ← →
→ ← ↓ ↑ 此时出现

```
电压系数      * . * * * *
电流系数      * . * * * *
电压 D 3 5      1          1 4 7
电流 D 3 3      0          1 4 5
电压           * . * * * *
电流           * . * * * *
```

本机分压器电压系数为5.00，。电流系数为5.00。看看电压系数，电流系数是否改变。如没有改变请返回。如有改变请用确认，↑ ↓，←，→，键修改成一致，每修改一项要确认一次否则无效。修改后返回。

5. 将光标移至试验参数设置；按确认键。进行各项参数的修改，用↑ ↓ ← →和确认键执行，修改后返回主菜单。然后合上功率电源开关。

6. 手动试验：按确认键此时开始充电至100%。按确认键光标在试验频率上然后用← →键移动数位，用↑ ↓键递增或减小使屏幕上显示电压最大我们认定为谐振点。在按确认键使光标在激励功率上，按← →键移动数位用↑ ↓键递增或减小使电压达到预定值后开始计时。试验完成后请返回，关掉功率电源。

7. 自动试验：按确认键后仪器将自动完成手动步骤至试验完成。按返回键，关掉功率电源。

8. 进入试验前注意试品的安全距离，确保人身安全。

6.2 注意事项

1. 在给整机加电以前，一定要仔细检查各输入输出接线是否正确和牢固。接地是否可靠，高压系统接地线采用一点接地。变频电源主机地线应该从面板上单独引出接地（接地线最好用裸铜线）。

2. 试验时，电抗器不可置于铁板或铜板等导电材料上。

3. 试验升压之前必须进入出厂设置区看看系数是否正确。

试验时请先给工作电源，后给功率电源，完毕后先断功率电源以免损坏仪器。

4. 当变频控制器提示过电压保护、过流保护或闪络保护时，请退出试验，重新整定电压，电流保护值，再进入试验。

5. 试验时的试验频率与计算频率相距太大，请立即返回重新设置起始找频功率。再进入试验。

6. 在试验过程中如显示屏不显且背光有请关电源后在开机。

七、常见故障及分析

1. 主机找不到谐振点。

原因：系统谐振点在主机的输出频率范围之外；
系统接线错误；
系统未可靠接地；
高压采样反馈信号开路或连接不可靠；
试品有故障。
输出激励功率不够。

2. 主机复位。

原因：主机供电电源波动；
外界强磁场干扰；
主机未可靠接地；

3. Q值偏低，即电压升不上去，或升不高。

原因：试品放电泄漏；
电抗器磁路受干扰，例如电抗器被放置在磁场屏蔽范围内。

4. 电源跳闸。

原因：谐振系统回路短路。

说明：以上故障原因仅供参考。

注意：请勿擅自打开箱体，拆卸或更换元器件，如有质量问题，请与本公司联系。

八、维护

8.1 日常维护

对于串联谐振成套装置各部件，应定期检查，确保结构坚固。不使用时，应存放于干燥、清洁场地，防止雨水、灰尘进入装置内部。

8.2 运输

运输时请确保各装置固定，不松动，适当加以缓震保护。搬运时，轻拿轻放，请勿抛摔！

质保期内，若因本公司产品质量问题不能正常使用，本公司将无偿上门服务，终身维修。

九、随机文件

1、变频串联谐振成套试验装置使用说明书 1份

2、保修卡/合格证 1份

十、附录一：部分设备（试品）的电容量：

交联聚乙烯电缆每公里电容量

电缆导体 截面积 (平方毫 米)	电容量 (uF/Km)				
	YJV、YJLV 6/6KV、6/10KV	YJV、YJLV 8.7/10KV、8.7/15KV	YJV、YJLV 12/20KV	YJV、YJLV 21/35KV	YJV、YJLV 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	0.310	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*630	0.667	0.470	0.416	0.287	0.256

电缆导体 截面积 (平方毫 米)	电容量 (uF/Km)				
	YJV、YJLV 6/6KV、6/10KV	YJV、YJLV 8.7/10KV、8.7/15KV	YJV、YJLV 12/20KV	YJV、YJLV 21/35KV	YJV、YJLV 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
1*95	0.310	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*630	0.667	0.470	0.416	0.287	0.256

电缆导体截面 积 (平方毫 米)	电容量 (uF/Km)	
	YJV、YJLV 64/110KV	YJV、YJLV 128/220KV
3*240	0.129	
3*300	0.139	
3*400	0.156	0.118
1*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	0.207
3*2000	0.296	0.215
3*2200		0.221
3*2500		0.232

60KV 级全绝缘变压器的电容 (PF)

试品容量 (KVA) 类别	630	2000	3150	6300	8000	1600
高压-地	2700	4100	4600	5900	7000	8200
低压-地	4200	6600	7900	10000	11000	15300

110KV 中性点分级绝缘变压器的电容 (PF)

试品容量 (KVA) 类别	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

220KV 级中性点非全级绝缘部分变压器的电容 (PF)

试品型号		SETSL-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		SETSL-240000	SSPSL-360000	SSPSL-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

部分发电机的电容值

类别	型号	生产厂家	额定容量 (MW)	额定电压 (KV)	相电容(uf)
汽 轮 发 电	QFS-125-2	上海电机厂	125	13.8	0.08-0.12
	QFSN-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
	QFQS-200-2	北京重型电机厂	200	15.75	0.18-0.19

机	QFS-300-2	上海电机厂	300	18.0	0.16-0.20
	QFSN-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	22.0	0.31
	2-105*234	美国西屋公司	600	20.0	0.2(工厂试验值)
	50WT23E-138	ABB	600	22.0	0.253(设计值)
水轮 发电机			72.5-85	10.5	0.694
			300	15.75	1.7-2.5
			400	18.0	2-2.5

十、附录二：部分设备试验电压标准：

电缆 30-75Hz 的交流耐压试验电压

电缆额定电压 U。-U	交接试验电压		预防性试验电压	
	倍数	电压值(KV)	倍数	电压值(KV)
1.8/3	2U。	3.6	1.6U。	3
3.6/6	2U。	7.2	1.6U。	6
6/6	2U。	12	1.6U。	10
6/10	2U。	12	1.6U。	10
8.7/10	2U。	17.4	1.6U。	14
12/20	2U。	24	1.6U。	19
21/35	2U。	42	1.6U。	34
26/35	2U。	52	1.6U。	42
64/110	1.7U。	109	1.36U。	87
127/220	1.4U。	178	1.15U。	146

变压器的交流耐压试验电压标准

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 组或交换时
<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
110	126	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

发电机定子绕组交流耐压试验标准

周期	要求		
大修前	(1) 全部更换定子绕组并修好后的试验电压如下：		
	容量 KW 或 KVA	额定电压 U_n V	试验电压 V
	小于 10000	36 以上	$2U_n+1000$ 但最低为 1500
	10000 及以上	6000 以下	U_n
		6000-18000	U_n+3000
18000 以上		按专门协议	
更换绕组后	(2) 大修前或局部更换定子绕组并修好后试验电压为：		
	运行 20 年及以下者		$1.5U_n$
	运行 20 年以上与架空线路直接连接者		$1.5U_n$
	运行 20 年以上不与架空线路直接连接者		$(1.3-1.5)U_n$
说明：			
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。			
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。			