

HYXZ 变频串联谐振测试装置

使用说明书



武汉市华英电力科技有限公司

地址：武汉市东湖高新区光谷大道 62 号光谷总部国际 7 栋 4 层

电话：400-027-0098 / 027-82850969

传真：027-82210223

E-mail: whhy97@126.com

网址: <http://www.hy-dl.cn>

HYXZ 系列变频谐振试验装置说明书

一、前言

国内外多年的运行经验表明，橡塑电力电缆在交接或预防性试验中不宜采用直流耐压试验，应采用交流耐压试验（频率范围 30~300Hz），才能保证电缆的安全运动。在电力设备预防性试验发展史中，这是一个划时代的变革。但是直流耐压试验对油浸纸绝缘电力电缆，仍然是有效的，应继续应用。对橡塑电缆进行交流耐压试验，由于电缆的电容量大，在现场采用大容量工频试验变压器是不适宜的。调频式串联谐振高压试验设备，具有重量轻、所需电源容量小（仅为试验变压器电源容量的 1/30~1/80）、电压波形好、便于搬运、适宜在现场使用等优点。

本试验设备是专为橡塑电力电缆现场交流耐压试验设计、制造的，适用于交接试验和预防性试验。整套设备包括的主要部件有：变频控制箱、谐振电抗器、励磁变压器及电容分压器等。

二、工作原理

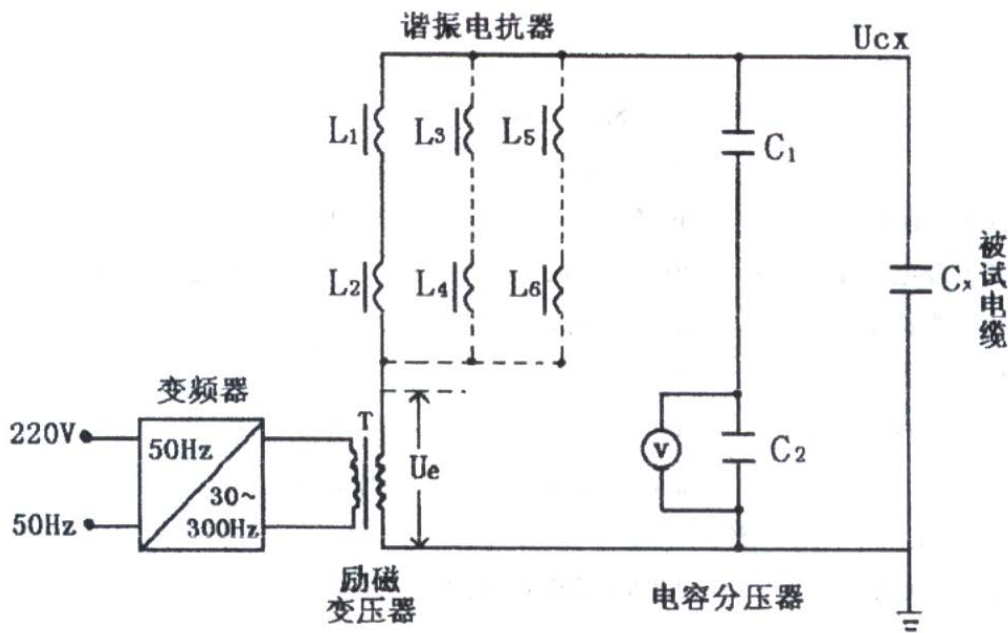


图 1 调谐式串联谐振试验原理接线图

调频式串联谐振高压试验设备的工作原理接线如图 1 所示。交流 380V/50Hz 电源，经变频器输出 30~300Hz 频率可调的电压，送入励磁变压器，升压至 0~2000V，经谐振电抗器 L（视被试电缆和电压等级和长度不同，谐振电抗器可串联或并联使用）和被试电缆 C_x ，构成高压主谐振电路，电容分压器是纯电容式的，用来测量试验电压。

先由变频器经励磁变压器 T 向主谐振电路送入一个较低的电压 U_e ，调节变频器的输出频率，当频率达到谐振频率时

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

被试品 C_x 上的电压 U_{cx} 达到最大值, 此时, 谐振电抗器的感抗 $Z_L = \omega L$ 与被试品的容抗 $Z_C = \frac{1}{\omega C_x}$ 相等, 两者形成相互补偿 (抵消) 的状态, 在主谐振电路中仅存在等值电阻分量 (绕组有效电阻和等值铁心损耗等), 能在按较小的 U_e 电压下, 产生较大的电流, 使被试电缆 C_x 上和谐振电抗器组两端产生较高的电压。找到此谐振频率后, 保持频率 f 不变, 再缓慢升高 U_e 电压, 使被试电缆 C_x 上达到预期的试验电压值 U_{cx} 。

谐振时, 被试品上的电压与电流的关系为

$$U_{cx} = \frac{I}{\omega C_x}$$

输出电压 U_{cx} 与励磁电压 U_e 之比为试验回路的综合品质因素 Q

$$Q = \frac{U_{cx}}{U_e}$$

从上述工作原理可以看出:

- 1、品质因素愈高, 所需电源容量愈小。
- 2、谐振电抗器 L 与被试电缆 C_x 处于谐振状态, 此电路形成一个良好的滤波电路, 故输出电压 U_{cx} 正弦波形良好。
- 3、被试电缆击穿时, 失去谐振条件, 高压电路和低压电源回路的电流反而减小, 故绝缘击穿处的电弧不会将故障点扩大, 便于检修。

三、主要技术性能

(一) 适合于 10kV 橡塑电力电缆的交流耐压试验。

1. 技术规范
 - a) 输出试验电压: 0 ~ 18 kV AC 有效值
 - b) 输出频率: 30 ~ 300Hz
 - c) 谐振电压波型: 正弦波, 波形畸变率 < 1.5%
 - d) 被试电缆电容量范围: $(0.025 \sim 0.25) \mu F \times n$ $n=1, 2, 3, 4, 5^*$
 - e) 被试电缆长度约: 100m ~ 3.5 km
 - f) 最大被试品电流: 7.0A
 - g) 最大试验容量: 100kVA
 - h) 工作制: 满功率输出下, 连续工作时间 15min
 - i) 品质因素: 30 ~ 80
 - j) 输入工作电源: 220V, 50Hz, 约 8A
 - k) 环境温度和相对湿度: $0^\circ C \sim 40^\circ C$; < 95%, 无凝露状况
 - l) 海拔高度: 2000m 以下

* 整套试验设备可根据电缆长度的不同, 确定由单个或多个谐振电抗器并联使用, 并联个数 n 可取 1 至 5 的任意个数。

2、主要部件的技术规范

- (1) 变频控制箱 1 台

- a) 输入工作电源: 220V, 50Hz, 约 8A
- b) 输出电压和电流: 0 ~ 250V, 最大电流 10A
- c) 输出频率: 30 ~ 300Hz, 频率调节细度 0.1 Hz
- d) 最大输出功率: 6500VA
- e) 外形尺寸和重量: 500×450×180 (高) mm 17kg

(2) 励磁变压器 1 台

- a) 额定容量: 6.0kVA
- b) 外形尺寸和重量: 300×320mm 25kg

(3) 谐振电抗器 (每台谐振电抗器的技术规范)

- a) 额定最高工作电压: 18kV (有效值)
- b) 额定最大工作电流: 2.0A (有效值)
- c) 外形尺寸和重量: ϕ 250×360mm/台 35kg/台
- d) 电感量: 54H/节

(4) 电容分压器 1 台

- a) 工作方式: 纯电容式
- b) 额定电压: 20kV (有效值)
- c) 工作频率: 30 ~ 300Hz
- d) 测量误差: 1%
- e) 输入电容: 420pF ± 5%
- f) 额定分压比: 2000: 1
- g) 外形尺寸和重量: ϕ 190×440mm 4kg

四、主要部件简介

4.1 变频控制箱

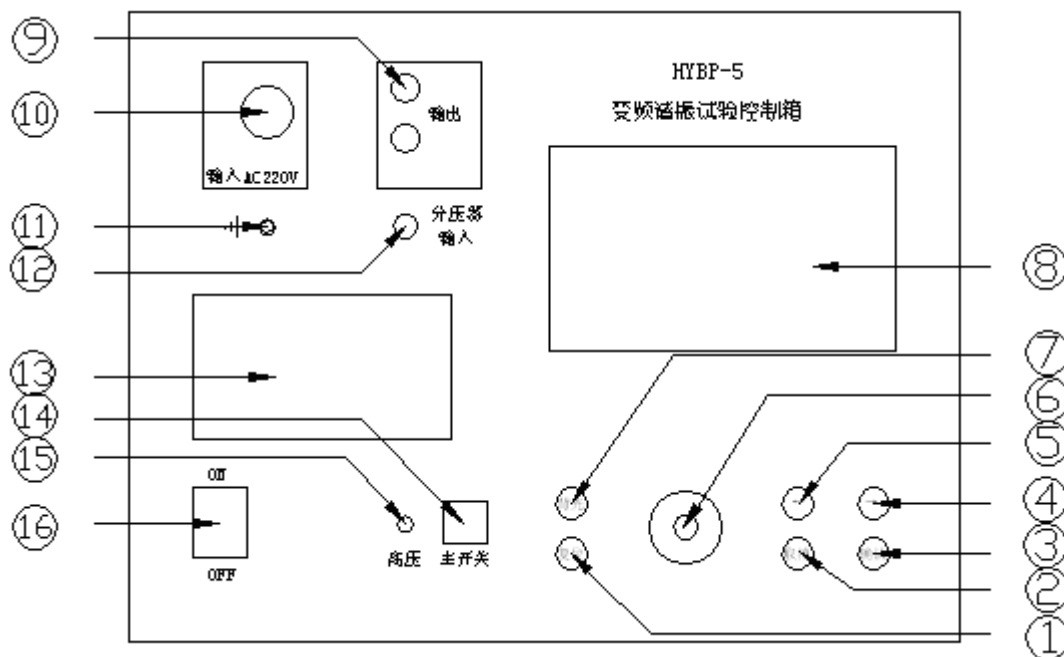
变频器和控制部分构成一体。输出电压的调节和变频器的逆变均采用先进、可靠的绝缘栅场效应 IGBT 开关管, 应用脉冲宽度调 PWM 方式, 工作稳定, 效率高。频率调谐采用晶体振荡器作为频率基准, 通过数字控制, 使输出频率达到高度稳定, 准确性好。频率调谐有自动调谐和手动调谐两种。

控制箱内设有过电流过电压保护(超出设定试验电压值), 高压侧电压突降保护,

以及当被试品击穿或闪络放电引起地线电位升高的暂态过电压保护等。

采用点阵式大屏幕液晶显示器, 用单片机控制, 将主要试验数据、操作提示、历次试验数据储存 (18 次试验) 等集中一起, 操作极为方便。

控制箱面板布置图 如图 2 所示:



- 4. 1. 1 复位按键
- 4. 1. 2 取消按键
- 4. 1. 3 确认按键
- 4. 1. 4 向右光标移动按键
- 4. 1. 5 向左光标移动按键
- 4. 1. 6 旋钮。用于调节设定数据，手动调节输出频率，输出电压等
- 4. 1. 7 背光按键。用于调节液晶显示器的背光源
- 4. 1. 8 液晶显示器
- 4. 1. 9 控制器输出 AC0-200V 30A 30-300HZ
- 4. 1. 10 控制器输入。AC220V 30A
- 4. 1. 11 接地钮。不接地时仪器会有提示
- 4. 1. 12 分压器输入。用于控制器检测高压
- 4. 1. 13 打印机
- 4. 1. 14 主开关。按下是才允许电压输出，当要中途关断输出时可以将其按出
- 4. 1. 15 高压报警灯
- 4. 1. 16 控制器电源开关

4. 2 励磁变压器

励磁变压器初、次级绕组电压较低，采用干式绝缘。

4. 3 谐振电抗器

为了满足试验不同长度电缆的需要，谐振电抗器采用多台并联和串联的灵活连接方式。在绝缘结构上采用干式绝缘，不充油，以降低单台谐振电抗器的重量，便于搬运。

4. 4 电容分压器

采用纯电容式的分压器，以满足频率范围为 30 ~ 300Hz 的高压测量。

五、试验接线布置

1、现场试验接线布置

现场试验接线布置原理示意图如图 3 所示

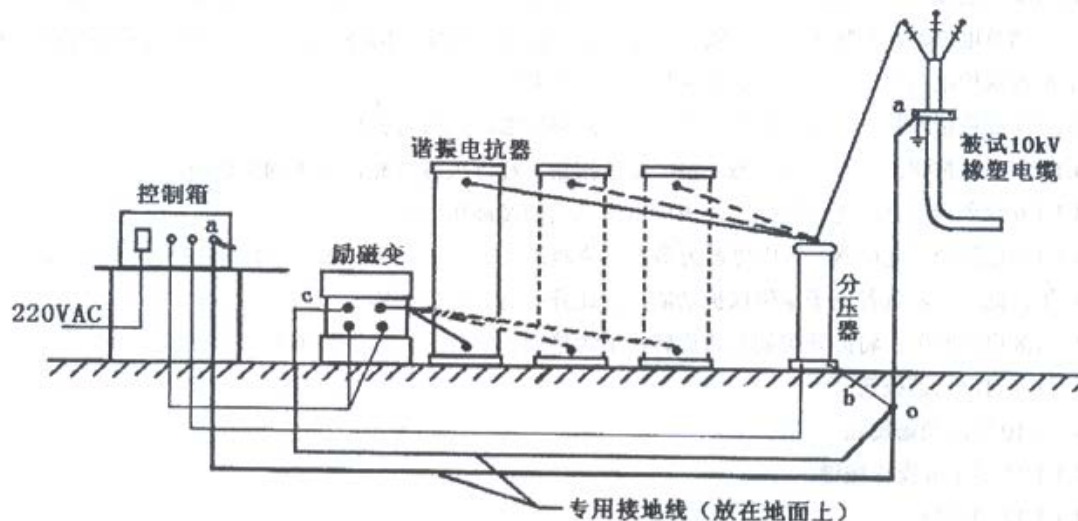


图 3 串联谐振试验现场接线布置原理示意图

2、布置试验接地线的注意事项

由于被试电缆的电容量较大，若在试验时试品击穿或发生高压引线对地放电，在电缆的接地端处，试验接地线和控制箱外壳等处，可能会产生暂态过电压。本设备已在控制和主要部件内，采取多重暂态过电压保护措施，能保证设备的正常工作。此外，在试验接地线布置方面还应注意采取下列保护措施：

(1) 试验设备（谐振电抗器、分压器、励磁变压器等）应尽量靠近被试电缆头，参照图 3 布置，减少试验接地线的长度，即减少接地线的电感量。

(2) 采用配套供应的专用的一点接地式试验接地线。特别注意试验接地线 ao 段、bo 段和 co 段三段接地线（图 3）应尽可能地短，不要任意延长接地线的长度。

(3) 试验时操作人员除接触调谐、调压绝缘旋钮外，不要触及控制箱金属外壳，否则在高压侧击穿或放电时，可能有轻微的刺痛感。有条件时，建议操作人员站在橡胶绝缘垫上工作。

六、操作步骤

6.1 准备工作

6.1.1 布置试验设备，检查设备的完好性，联接电缆无破损、断路和短路等。联接线路前检查应有明显的电源断开点。

6.1.2 按图联接各部件，各接地点应按图一点接地

6. 1. 3 检查电源开关处于关断位置，接通电源线

6. 2 基本操作流程:

6. 2. 1 接通电源开关，此时液晶显示器显示相关信息

6. 2. 2 根据需要进入菜单，根据菜单的内容确认后即可操作。

6. 2. 3 旋转编码器，用于调节输出电压，输出频率等

6. 2. 4 在使用自动扫描和自动试验时，初始的输出功率不能过大，以防扫频时出现过压现象

6. 2. 5 保存或打印数据

6. 2. 6 关断电源，拆线，或更换被试品

6. 3 参数设定

6. 3. 1 接通电源等待后，按↑↓即‘左右’键移动光标至参数或时间设置再按‘确认’键进入界面

6. 3. 2 按‘确认’键可移动光标，进入相应改变的位置

6. 3. 3 选定后，旋转圆形编码开关选择相应要设定的值

6. 3. 4 此项操作可设定电压保护值、试验电压值、起始频率、起始功率、定时时间和显示的日历、时钟

6. 3. 5 设定完毕按‘确认’键保存并退出界面或按‘取消’键取消设定

6. 4 频率调节

6. 4. 1 显示进入相应试验界面

6. 4. 2 手动调谐：按‘确认’键，光标定位在频率粗调或细调部分，旋转圆形编码开关，顺时针旋转使频率上升，反之下降，粗调差动值为 1Hz，细调差动 0.1Hz，调节频率时注意观察试验电压值，使试验电压值到达最大即进入谐振点

6. 4. 3 自动调谐：进入‘自动扫描’界面，按‘确认’键即可。频率按步长 1Hz 从 30Hz 至 300Hz 进行扫描，找到谐振点或扫完全程后自动定位在谐振点附近。粗调和精确调谐一次性自动完成。

6. 5 设定电压与定时时间

当试验电压达到设定电压后，加压时间开始计时，计时到达定时时间后将电压降至零，此时已将定时到达时的电压值、频率等参数暂存起来。试验时将自动进入试验完毕界面显示频率和加压值，按‘取消’键返回设定界面

6. 6 保存与查询打印

6. 6. 1 保存：由 6.5 进入试验完毕界面几秒钟后，数据将自动保存起来，并给予编号。保存内容有试验电压、试验频率、定时时间、试验日期和时间。

6. 6. 2 查询：在试验完毕界面或设定界面，可查询当次和历次试验记录，只要按‘确认’便可查看相应试验的粗扫、细扫的相关图形和试验相关数据最后打印输出数据。按‘复位’或‘取消’键返回设定界面

6. 7 保护功能

6. 7. 1 过流保护：当控制箱输出电流超过设定值后，控制箱关闭输出。

6. 7. 2 控制箱内过压保护：当控制箱内工作电压超过设定值后，控制箱关闭输出。

6. 7. 3 高压整定：当试验电压超过高压整定值后，控制箱关闭输出。

6. 7. 4 失谐保护：当有高压输出时，高压回路突然失谐，控制箱关闭输出。

6. 7. 5 以上保护功能动作后，必须关机 10 秒钟后再开机。

6. 8 软件操控实况

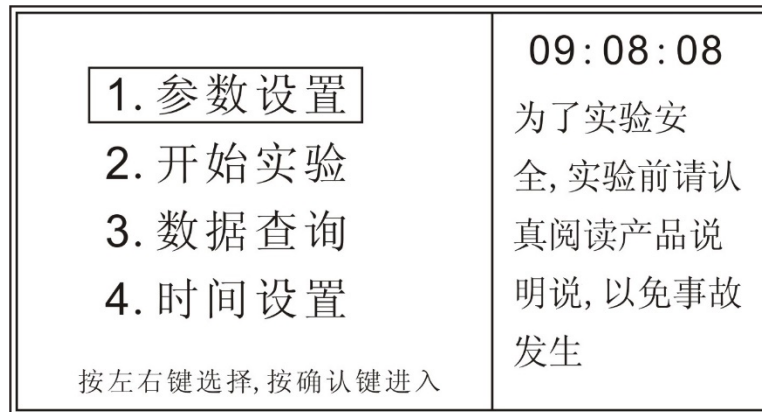


图 6-8-1

1. **参数设置**: 主要用于设置实验时的保护电压、试验电压、自动试验加压时间、起始的输出比例等;
2. **开始实验**: 用于启动输出, 其中分手动实验、自动频率扫描、自动试验等;
3. **数据查询**: 在实验结束后, 仪器将自动将实验的相关数据进行保存, 通过此菜单功能可以将历史数据调出查阅, 其按时间顺序排列;
4. **时间设置**: 用于设置系统时间。



图 6-8-2

1. 通过确认系统设置进入图 6.8.2 ;
2. **过压保护**: 主要设定保护电压, 其值应大于实验电压;
3. **实验电压**: 用于自动试验时的自动升压的电压;
4. **定时时间**: 在升压成功后自动加压的时间, 试验时倒计时;
5. **起始频率**: 设定自动扫描及自动试验时的起始频率;
6. **起始功率**: 系统启动时的输出功率, 一般此功率不能设置的太大, 以稍小为宜, 如果过大, 会在初始时输出过大电压, 可能会损坏设备等。

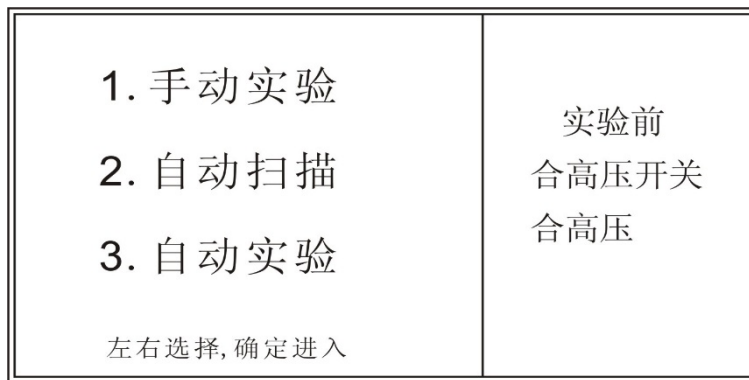


图 6-8-3

1. 通过确定开始试验进入图 6.8.3
2. **手动试验**: 用于手动寻找谐振频率, 找到后用手动升压;
3. **自动扫描**: 通过仪器帮助寻找谐振频率, 找到后用手动升压;
4. **自动试验**: 根据系统设置的参数自动寻找谐振频率, 找到后自动升至设定电压;
5. 试验时应合主开关, 如要临时终止输出, 可以将主开关按出, 系统会缓慢将电压降下。
6. 实验结束后, 相关数据如图 6-8-4 所示。



图 6-8-4

1. 通过确认时间设置进入 6-8-5 所示, 此时可以通过左右键选择要修改的参数, 通过旋钮微调设置参数大小。

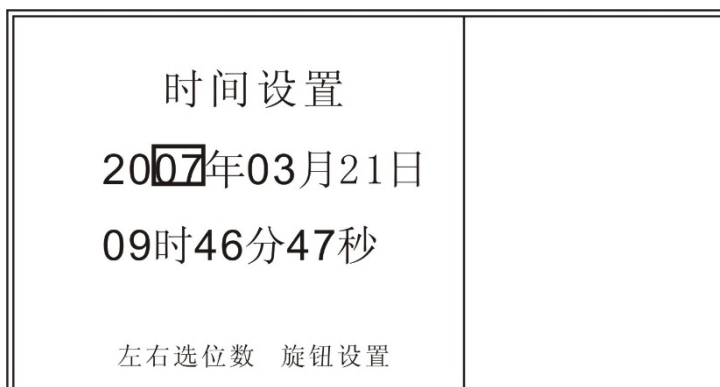


图 6-8-5

七、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，并以实地操作培训。
- 2、使用、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。

附：不同电器电容量及试验电压附表(仅供参考)

交联聚乙烯电力电缆单位长的电容量 表（一）

电缆导体 截面积 m m ²	电容量(μ F/km)						
	YJV、 YJLV	YJV、 YJLV	YJV、 YJLV	YJV、 YJLV	YJV、 YJLV	YJV、 YJLV	YJV、 YJLV
	6/6kv、 6/10kv	8.7/6kv 8.7/10kv	12/35kv	21/35kv	26/35kv	64/110kv	128/220kv
1(3)*35	0.212	0.173	0.152				
1(3)*50	0.237	0.192	0.166	0.118	0.114		
1(3)*70	0.270	0.217	0.187	0.131	0.125		
1(3)*95	0.301	0.240	0.206	0.143	0.135		
1(3)*120	0.327	0.261	0.223	0.153	0.143		
1(3)*150	0.358	0.284	0.241	0.164	0.153		
1(3)*185	0.388	0.307	0.267	0.180	0.163		
1(3)*240	0.430	0.339	0.291	0.194	0.176	0.129	
1(3)*300	0.472	0.370	0.319	0.211	0.190	0.139	
1(3)*400	0.531	0.418	0.352	0.231	0.209	0.156	0.118
1(3)*500	0.603	0.438	0.388	0.254	0.232	0.169	0.124
1(3)*600	0.667	0.470	0.416	0.287	0.256		
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

橡塑绝缘电力电缆 30-75Hz（45-65Hz）交流耐压的试验电压 表（二）

电缆额定电压	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	2 U ₀	3.6	1.6 U ₀	3
3.6/6	2 U ₀	7.2	1.6 U ₀	6
6/6	2 U ₀	12	1.6 U ₀	10
6/10	2 U ₀	12	1.6 U ₀	10
8.7/10	2 U ₀	17.4	1.6 U ₀	14
12/20	2 U ₀	24	1.6 U ₀	19
21/35	2 U ₀	42	1.6 U ₀	34
26/35	2 U ₀	52	1.6 U ₀	42
64/110	1.7 U ₀	109	1.36 U ₀	87
127/220	1.4 U ₀	178	1.15 U ₀	146

油浸式电力变压器交流试验电压 表 (三)

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
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

35KV 全缘变压器工频耐压等效电容量 (表四)

变压器容量 (KVA)	630	2000	3150	6300	12500	20000
试验项目	等效电容量 (PF)					
高压-低压-地	2700	4100	5600	7900	8700	15000
低压-高压-地	4200	6600	7900	13000	12300	19000

60kV 级全绝缘变压器的电容(pF) 表 (五)

试品容量 (kVA)	630	2000	3150	6300	8000	16000
类型						
高压一地	2700	4100	4600	5900	7000	8200
低压一地	4200	6600	7900	100000	11000	15300

110kV 中性点分级绝缘变压器的电容 (pF) 表 (六)

试品容量 (kVA)	50000	31500	20000	10000	5600
类型					
高压—中压、低压、地	14200	11400	8700	61500	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) 表 (七)

试品型号		SSPSL-63000	SSPSL-120000	SSPSL-240000
类型	高压—中压、低压、地	12100	13500	17050
	中压—高压、低压、地	18500	19700	23260
	低压—高压、中压、地	18200	23600	29940
试品型号		SFPL-240000	SFP-360000	SFPSZL-120000
类型	高压—中压、低压、地	32230	33910	38020
	中压—高压、低压、地	—	—	23260
	低压—高压、中压、地	22470	23790	22160

电力系统中常用发电机的电容量 表 (八)

类别	发电机				
	型号	生产厂家	额定容量 MW	额定电压 kV	相电容 μF
火力发电机电机	QF-30-2		30	6.3	0.1
	QF-60-1		60	6.3	0.234
	QF-60-2		60	10.5	0.33
	QFS-125-2	上海电机厂	125	13.8	0.08-0.12
	QF-135-2		135	13.8	0.47
	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	0.18-0.19
	QFQS-200-2	北京重型电机厂	200	15.75	0.1928-0.21
	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
	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
	50WT23E-138	ABB	600	22.0	0.253
水力发电机电机			72.5-85	10.5	0.694
			125-150		1.8-1.9
			300	15.75	1.7-2.5
			400	18.0	2-2.5
			600		2.1-2.5

发电机交流试验电压参考表 表(九)

1	全部更换定子绕组并修好后试验电压	容量 kVA	小于 1000	10000 及以上		
		额定电压 kV	0.036c h	6 以下	6-18	18 以上
		试验电压 kV	$2U_n+1$ 且不小于 1.5	$2.5U_n$	$2.5U_n+3000$	按专门协议
2	大修前或局部更换定子绕组并修好后	运行 20 年及以下者			$1.5U_n$	
		运行 20 年以上与架空线直接连接者			$1.5U_n$	
		运行 20 年以上不与架空线直接连接者			$(1.3-1.5) U_n$	