

ZVLF 系列

0.1Hz 程控超低频高压发生器

使 用 手 册

武汉智能星电气有限公司

目 录

一、产品简介	2
二. 0.1Hz 超低频耐压技术优点	2
三. 产品特点	4
四. 系列产品技术参数	5
五. 仪器结构功能说明	8
六. 操作说明	9
七. 电力电缆耐压试验方法	19
八. 同步电机耐压试验方法	22
九. 注意事项	24
十. 随机附件	24
十一. 运输及保存	25
十二. 质量保证	25

ZVLF 系列 超低频高压发生器

一. 产品简介

电气设备的高压耐压试验是《绝缘预防性试验》规定的最重要项目之一。耐压试验可分为交流耐压试验和直流耐压试验，交流耐压试验又可分为工频、变频和 0.1Hz 超低频测试技术，其中 0.1Hz 超低频技术是最新技术，是当前国际电工委员会推荐的技术。新一代微机式 0.1Hz 超低频高压发生器是自主开发的核心产品，它克服了第一代机械式产品的诸多缺点，性价比远远高于同类进口产品，特别适用于绝缘等值电容较大的电气设备（例如：电力电缆、电力电容器、大中型发电机和电动机等）耐压试验，符合 2004 年国家新颁布电力行业标准《超低频高压发生器通用技术条件 DL/T849.4-2004》要求。

二. 0.1Hz 超低频耐压技术优点

超低频绝缘耐压试验实际上是工频耐压试验的一种替代方法。在对大中型发电机、电动机、电力电缆等试品进行工频耐压试验时，由于它们的绝缘层呈现较大的电容量，所以需要很大容量的试验变压器或谐振变压器。这样一些巨大的设备，不但笨重，造价高，而且使用十分不便。为了解决这一矛盾，国际上普遍采用了降低试验频率，从而降低了试验电源容量的方法。从国内外多年的理论和实践证明，用 0.1Hz 超低频耐压试验替代工频耐压试验，不但能有同样的等效性，而且设备的体积大为缩小，重量大为减轻，理论上容量约为工频的五分之一，且操作简单。这就是为什么发达国家普遍采用

这一方法的主要原因。

根据我国电力系统实际情况，国家发改委已制定了《35kV 及以下交联聚乙烯绝缘电力电缆超低频（0.1Hz）耐压试验方法》行业标准，2004 年颁布了电力行业标准《超低频高压发生器通用技术条件 DL/T 849.4—2004》，我国正在推广这一最新的试验方法。

虽然直流耐压试验设备具有体积小、重量轻和造价低等优点，但是直流耐压试验对被试品绝缘破坏性也是最大的。所以国家最新颁布的电气设备预防性试验相关规程已经明文规定不再使用直流高压对电气设备进行耐压试验，推荐使用交流耐压试验。

我公司研制的新一代“0.1Hz 超低频高压发生器”采用最新电力电子元器件和微电脑技术，进一步降低了设备的体积和重量，傻瓜式操作，性能更稳定，克服了第一代机械式升压器使用寿命短、故障率高、体积大的缺点。通过年多的实践，大量用户的反馈表明：0.1Hz 超低频高压技术在全国领先，性价比最高！

附：各种耐压试验设备的性能比较：

比较内容	工频耐压	变频耐压	0.1Hz 耐压	直流耐压
等效性	好	好	好	差
绝缘破坏性	小	小	小	大
操作安全型	较低	较低	高	较低
试验接线	复杂	最复杂	最简单	复杂
设备体积	最大	较大	小	最小

三. 产品特点

☆ 技术先进：采用数字变频技术，微电脑控制，升压、降压、测量、保护等测试过程全自动化，仪器具有电子万年历功能，掉电之后，时间仍可保持。

☆ 操作方便：接线简单，傻瓜式操作。

☆ 保护全面：多重保护（过压保护、高低压侧过流保护），动作迅速（动作时间 $\leq 20\text{ms}$ ），仪器安全可靠。

☆ 安全可靠：控制器和高压发生器低压连接，光电控制，使用安全可靠。

☆ 采用了高低压闭环负反馈控制电路，输出无容升效应。

☆ 配置齐全：8寸工业触摸屏，自动存储，自动打印。

☆ 仪器具有数据通信功能，通过 USB 口与电脑进行连接可以将试验数据上传至电脑。

☆ 仪器具有帮助文档功能，无需查看说明书就能知道仪器的用法，接线，注

意事项。

☆仪器具有系统设置功能，可以对当前的时间进行修改。

☆ 测试范围大：0.1Hz、0.05Hz 及 0.02Hz 多频率选择，测试范围大。

☆ 体积小、重量轻：十分利于户外作业。

四. 系列产品技术参数

1、技术参数

★ 系列产品主要参数如表 1

型号	峰值电压	测量范围	重量	用途
30/1.1	30kV	0.1Hz 时 $\leq 1.1 \mu F$	控制器： 4kg	10kV 及以下电压电缆、发电机等
		0.05Hz 时 $\leq 2.2 \mu F$	升压器：	
		0.02Hz 时 $\leq 5.5 \mu F$	25kg	
50/1.5	50kV	0.1Hz 时 $\leq 1.5 \mu F$	控制器： 5kg	20kV 及以下电压电缆、发电机等
		0.05Hz 时	升压器：	
		$\leq 3.0 \mu F$	35kg	

		0.02Hz 时 $\leq 7.5 \mu F$		
80/1.1	80kV	0.1Hz 时 $\leq 1.1 \mu F$	控制器： 5kg 升压器： 45kg	35kV 及以下电压电缆、发电机等
		0.05Hz 时 $\leq 2.2 \mu F$		
		0.02Hz 时 $\leq 5.5 \mu F$		

表 1 系列超低频高压发生器主要技术参数

★ 使用电源：220V ± 10%，50 ± 5%Hz

注意：若使用便携式发电机供电，要求发电机输出电压、频率稳定（一般要求功率大于 3kW，频率 50Hz，电压 220V ± 5%），否则要使用一些辅助措施稳定发电机输出。

★ 输出电压精度：

输出高压峰值不稳定性：≤ 1%

输出电压频率不稳定性：≤ 3%

输出电压波形畸变率：< 5%

★ 仪器具有在运行过程中断电和突然关机不烧坏升压器和主机的功能。

★ 使用环境：温度 -10°C ~ +40°C，湿度 ≤ 85%RH

★ 测试范围说明:

1. 被试品电容量不得超过仪器额定电容量最大值，数值大小见表 1；
2. 被试品电容量过小，会影响输出波形。若小于 0.05 μF ，仪器将不能正常输出，此时可采用本公司提供的辅助装置（选配）即可。
3. 常用电气设备电容量的估算见表 2 和表 3

表 2 不同类型发电机的单相对地电容量

	汽轮发电机			水轮发电机			
发电机容量 (MW)	200	300	600	85	125-150	300	400
单相对地电容 (μF)	0.198	0.18-0.26	0.31-0.34	0.6-0.9	1.8-1.9	1.7-2.5	2.0-2.5

表 3 交联聚乙烯绝缘单芯电力电缆的电容量 ($\mu\text{F}/\text{km}$)

电容 ($\mu\text{F}/\text{km}$) \n 电压 (kV)	截面积 mm^2											
	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	270	
10	0.15	0.17	0.18	0.19	0.21	0.24	0.26	0.28	0.32	0.38	—	
35	—	—	—	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.19	

五. 仪器结构功能说明

本仪器由两个部分组成：即控制器和升压器，两部分结构和功能如下：

1. 控制器面板示意图

控制器面板各部件布置如图 1 所示，各部件功能说明如下：



图 1 控制器面板示意图

- “地” — 接地端子：使用时与大地相连。
- “输出” — 输出多芯插座：使用时与升压器的输入多芯插座相连。
- “开关” — 电源开关：内置指示灯，开时亮，关时熄。
- “AC220V” — 电源输入插座，内置保险管。
- “打印机” — 打印测试报告。
- “8 寸工控触摸屏” — 菜单的操作，数据的设置以及输出波形。

2. 升压器结构示意图

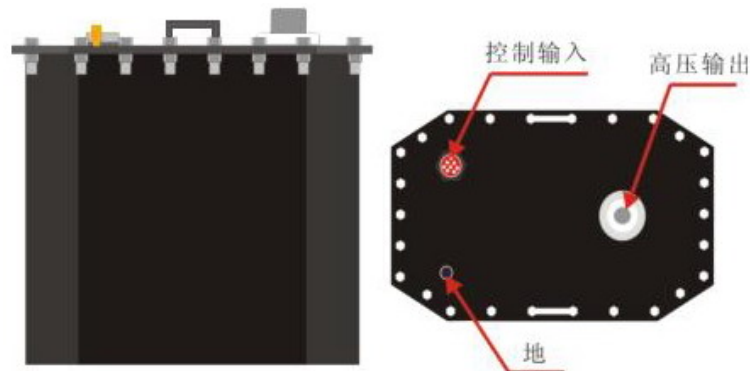


图 2 升压器结构示意图

六. 操作说明

1. 接线方法

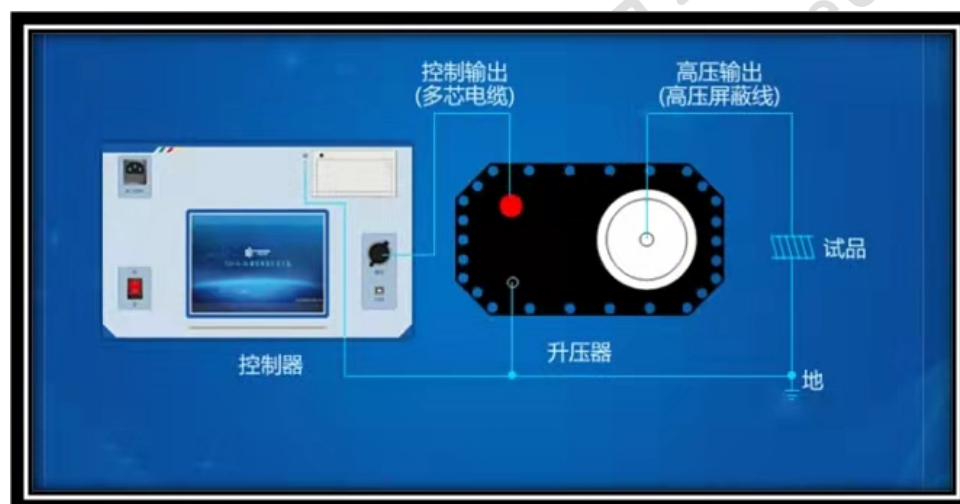


图 4 接线示意图

接线说明:用本产品随机配备的两根专用线和接地线按图 4 的方法连接。
电源插座用电源线连至 220V/50Hz 的交流电上。

2. 操作程序

(1) 开机、关机、复位

按上述方法连好所有线路之后,就可以将电源开关打开。仪器在微机上

电复位下，自动进入如图 5 所示的主界面。在进行连线、拆线、或暂不使用仪器时，应将电源关掉。电源插座上装有保险管。若开机屏幕无显示，应先检查保险管是否熔断，保险管大小应按表 1 提供的数据更换。

(2) 设置限定参数



图 5 操作主界面

在图 5 所示的主界面上点击“系统测试”菜单，进入图 6 的参数设置界面：



图 6 参数选择界面

点击频率选择下方的频率选框，可以选择输出的频率。

- ★ 频率有三种选择：0.1、0.05、0.02，单位为 Hz。
- ★ 试验时间修改范围：0-60 分。它规定了试验时间的长短，单位为分钟。
- ★ 试验电压范围为 0 至额定值，单位为 kV。它设置了我们所要升至的试验电压。仪器升至这个设定电压值时，就不再升压，并保持在这个峰值下进行等幅的正弦波输出。
- ★ 过流保护值设定范围为 0 至额定值，单位为 mA。它规定了通过试品的电流上限值，当电流超过此设定时，仪器自动切断输出。
- ★ 过压保护值设定范围为 0 至额定值，单位为 kV。它规定了通过试品的电压上限值，当电压超过此设定时，仪器自动切断输出。

（注意：以上电压、电流及仪器显示的测量数据均为峰值。）

(3) 测试界面

点击“确定”键，仪器进入图 7 所示的升压待命界面。

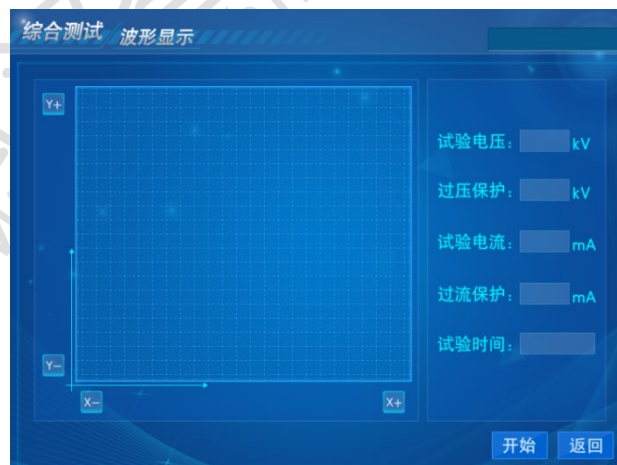


图 7

点击“开始”键：进入自动测试界面（如图 8 所示）



图 8

(4) 自动升压

按图 7 点击“开始”键后，仪器在电脑的控制下，按如下流程进行升压试验：

自检→升压→等幅输出→停机

自检成功后，仪器自动进入升压状态，如图 8 所示，仪器将用若干个周期的时间将电压升至设定值。在升压过程中，若想暂停升压，可点击图 8 中的“停止/放电”键，仪器将停机。等到电压升至设定值后，仪器自动开始计时。点击“停机/放电”键仪器停止高压输出，并对试品进行自动放电。

(5) 电压微调

电压自动进行微升或微降，当电压值超过设定的电压值时，仪器在 CPU 的控制下自动进行微降，以达到所设定的电压值。当电压值低于所设定的电压值时，仪器在 CPU 的控制下自动进行微升。

(6) 停机

本仪器提供两种停机方式：

- ★ 定时停机：当计时达到设定时间，仪器自动停机。
- ★ 手动停机：点击“停机/放电”键可停机。

这两种停机方式为正常停机。停机后出现图 9 所示的提示界面。

一般电流未出现异常情况、试品未有放电现象或出现过流保护，就可认为试验通过。



图 9 试验通过界面

- ★ 另外还有两种非正常停机：过压保护停机、过流保护停机。

点击“停止/放电”键后，仪器自动停止输出，并进行自动放电。当负载的电压值低至 0.6KV 时，主机回到如图 9 所示的页面，点击“存储”键可以对试验数据进行保存。点击“打印报告”键可以对试验的数据进行打印。点击“返回”键可以跳转到如图 10 的界面。



图 10

(7) 查看历史数据



图 11

点击主菜单中的“数据查看”键进入图 12 界面，可以对存储的数据进行查看。

数据查看

序号	时间	测试结果		
1		电压: kV	电流: mA	时长: 分
2		电压: kV	电流: mA	时长: 分
3		电压: kV	电流: mA	时长: 分
4		电压: kV	电流: mA	时长: 分
5		电压: kV	电流: mA	时长: 分
6		电压: kV	电流: mA	时长: 分
7		电压: kV	电流: mA	时长: 分
8		电压: kV	电流: mA	时长: 分
9		电压: kV	电流: mA	时长: 分
10		电压: kV	电流: mA	时长: 分

图 12

数据查看

序号	时间	测试结果		
11		电压: kV	电流: mA	时长: 分
12		电压: kV	电流: mA	时长: 分
13		电压: kV	电流: mA	时长: 分
14		电压: kV	电流: mA	时长: 分
15		电压: kV	电流: mA	时长: 分
16		电压: kV	电流: mA	时长: 分
17		电压: kV	电流: mA	时长: 分
18		电压: kV	电流: mA	时长: 分
19		电压: kV	电流: mA	时长: 分
20		电压: kV	电流: mA	时长: 分

图 13

可以存储 50 组数据，数据中记录测试的时间（年月日时分秒）试验的电压值，试验的电流值，还有测试的时长。

（8）帮助文档

点击主页面中的“帮助文档”键，系统进入如图 14 的页面，可以查看帮助信息。

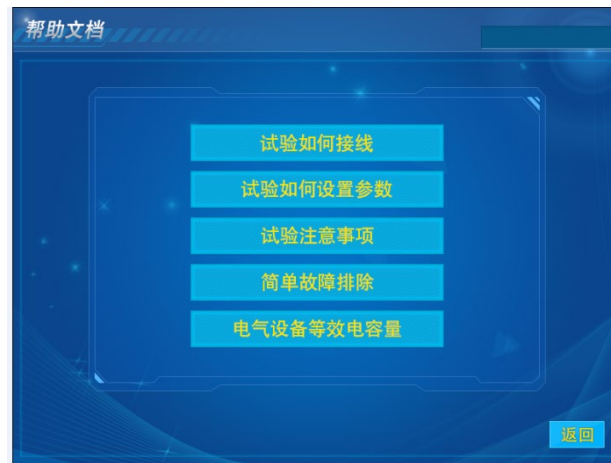


图 14

点击页面中的各个导航按键可以分别进入不同的帮助界面，如图所示



帮助文档 试验如何设置参数

试品	试验电压	过压保护电压	试验时间
电力电缆等	$U_m = 3U_0$ U_0 为额定相电压	$U_0 = (1.05 \sim 1.2) U_m$	根据试验类型 t 分别取 15分 / 45分 / 60分
高压电机 (发电机、电动机等)	$U_m = \sqrt{2} K \rho U_0$ 等效系数 ρ 取 1.2, K 取 1.5	$U_0 = (1.05 \sim 1.1) U_m$	根据试验类型 t 分别取 15分 / 45分

(附：各种型号橡塑绝缘电力电缆0.1Hz超低频试验电压和时间)

下一页 返回

帮助文档 / 试验如何设置参数

额定电压 U_0/U_N (kV)	交接试验			预防性试验		
	倍数	试验电压 (kV)	试验时间 (分)	倍数	试验电压 (kV)	试验时间 (分)
1.8/3	$3U_0$	5	60	$3U_0$	5	15
3.6/6	$3U_0$	11	60	$3U_0$	11	15
6/6	$3U_0$	18	60	$3U_0$	18	15
6/10	$3U_0$	18	60	$3U_0$	18	15
8.7/10	$3U_0$	26	60	$3U_0$	26	15
12/20	$3U_0$	36	60	$3U_0$	36	15
21/35	$3U_0$	63	60	$3U_0$	63	15
26/35	$3U_0$	78	60	$3U_0$	78	15

(注： U_N 为电缆额定线电压， U_0 为额定相电压)

上一页 返回

帮助文档 / 试验注意事项

实验过程	注意事项	备注
试验前	<ol style="list-style-type: none"> 1. 用绝缘电阻表初步检查试品绝缘正常才开始接线 2. 检查电压是否 220V 等级 3. 仪器可靠接地 4. 小电容试品注意配置补偿电容 5. 正确接线与核实整定参数 	根据不同电气设备接线和设定参数
试验中	<ol style="list-style-type: none"> 1. 密切注意试验设备仪表指示，如有意外立即停机 2. 密切注意被试品放电情况，如有意外立即停机 3. 重复试验必须先停机、放电再试验 	试验时注意看、听、闻，如有意外立即停机
试验后	<ol style="list-style-type: none"> 1. 注意存储试验数据 2. 注意试验结束必须放电 3. 结束试验最后拆除接线线 	

返回

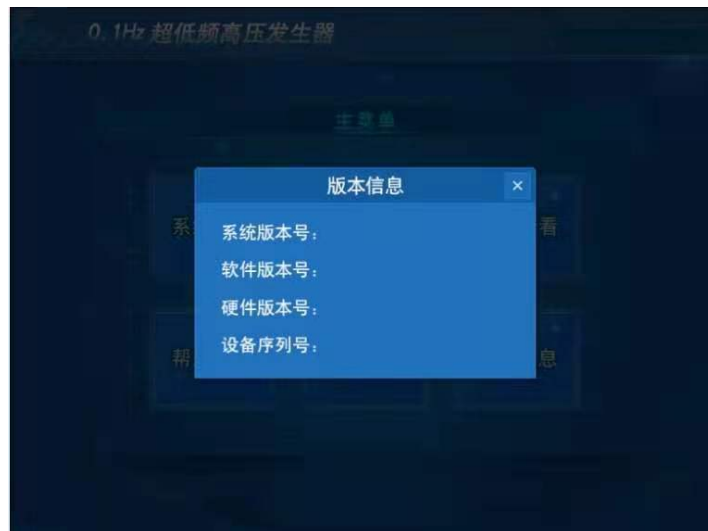
帮助文档 / 简单故障排除

现象	可能原因	排除方法
仪器有电不升压	<ol style="list-style-type: none"> 1. 接线错误 2. 试品太小或太短 	检查接线 并联补偿电容
升压未到设定值停机	过压保护或电流保护值设定过小	重新设定整定值
输出波形畸变或不稳定	工作电源电压或频率不稳定	需要稳压电源
黑屏	电源失电或仪器电源保险熔断	检查电源或更换电源保险

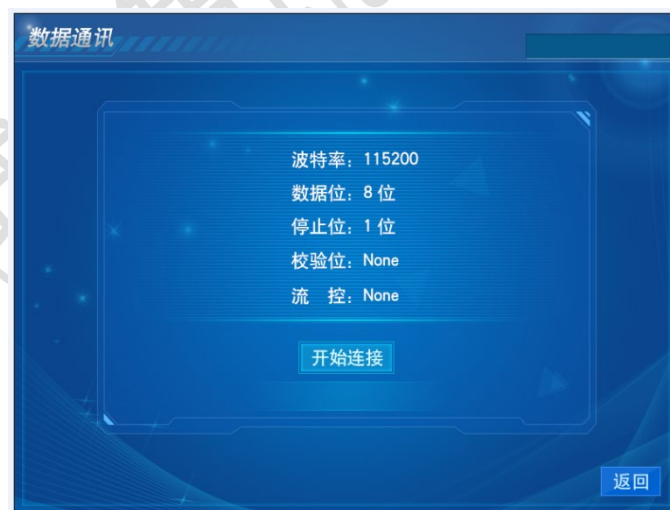
返回

(9) 版本信息

点击主页面中的“版本信息”系统跳转到如图所示的页面，显示系统的版本信息。

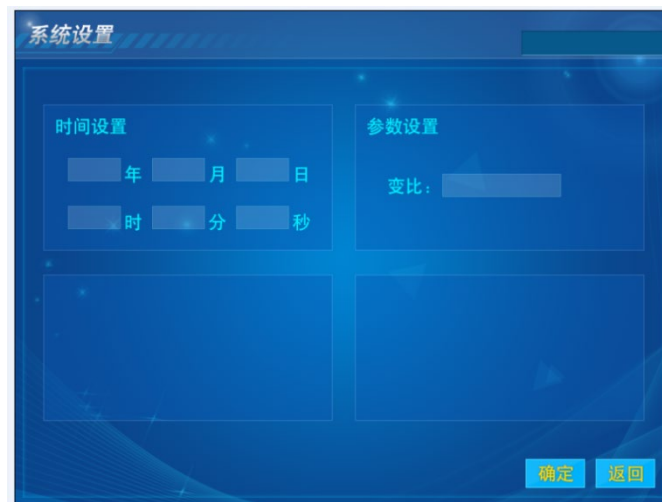


(10) 点击“数据通信”按键系统跳转到如图所示的页面，可以通过面板上的 USB 插口和电脑进行通信，将“数据查看”中的数据上传到电脑。



(11) 系统设置

点击主菜单中的“系统设置”键，系统跳转到如图所示的页面可对当前的时间进行修改。



七. 电力电缆耐压试验方法

1. 将与被测试电缆相连的电气设备全部断开。
2. 用兆欧表测试电缆各相绝缘参数，测试合格方可进行超低频耐压试验。
3. 整定试验电压值： $U_{max} = 3U_0$ ，其中 U_0 为电缆的额定相电压值。

例 1: 某电缆参数：额定线电压为 10kV、额定相电压 $U_0 = 6kV$ ，所以试验电压整定值为：

$$U_{max} = 3U_0 = 18kV。$$

各种型号橡塑绝缘电力电缆 0.1Hz 超低频试验电压值整定值如表 4。

表 4 各种型号橡塑绝缘电力电缆 0.1Hz 超低频试验电压和时间

额定电压 U_0/U_N (kV)	交接试验			预防性试验		
	倍数	试验电压 (kV)	试验时间 (分)	倍数	试验电压 (kV)	试验时间 (分钟)

			钟)			
1.8/3	3U ₀	5	60	3U ₀	5	15
3.6/6	3U ₀	11	60	3U ₀	11	15
6/6	3U ₀	18	60	3U ₀	18	15
6/10	3U ₀	18	60	3U ₀	18	15
8.7/10	3U ₀	26	60	3U ₀	26	15
12/20	3U ₀	36	60	3U ₀	36	15
21/35	3U ₀	63	60	3U ₀	63	15
26/35	3U ₀	78	60	3U ₀	78	15

注：
U_N
为电
缆额
定线
电压，

U₀为额定相电压

4. 试验时间：交接试验时试验时间为 60 分钟，预防性试验时间为 15 分钟。

5. 过流保护整定电流值：

超低频耐压试验试品容性电流（或泄漏电流）的估算方法：

$$I_0 = 2 \pi fCU = 2 \times 3.14 \times 0.1CU \text{ (mA)} \quad \dots\dots\dots \text{(公式 1)}$$

其中：C 为电缆对地电容量，单位为 μF ；U 为试验电压有效值，单位为 kV。

例 2：某型号 10kV (U_N=10kV, U₀=8.7kV) 电缆长 4km, 单相对地电容 0.21 $\mu\text{F}/\text{km}$, 0.1Hz 超低频耐压试验电压为 26kV (峰值), 则泄漏电流近似为：

$$I_0 = 2 \pi fCU = 2 \times 3.14 \times 0.1CU = 0.628 \times 0.21 \times 4 \times 26 / \sqrt{2}$$

$$=9.69 \text{ (mA)}$$

过流保护整定电流值：

$$I=k I_0 \quad \dots\dots\dots\text{(公式 2)}$$

其中：k 为过流保护可靠系数，显然 $k>1$

若 k 取 1.5，则过流保护整定电流值可取：14.5mA

6. 试验接线：用随机附带的专用连接线将试验设备与试验电缆按图 15 所示的方法连接。仔细检查接线正确后合上电源，再次设定好试验频率、时间和电压以及高压侧的过流保护值、过压保护值，然后开始升压试验。

升压过程应密切监视高压回路，监听试品电缆是否有异常响声。升至试验电压时，仪器开始自动记录试验时间、显示试验电压值。

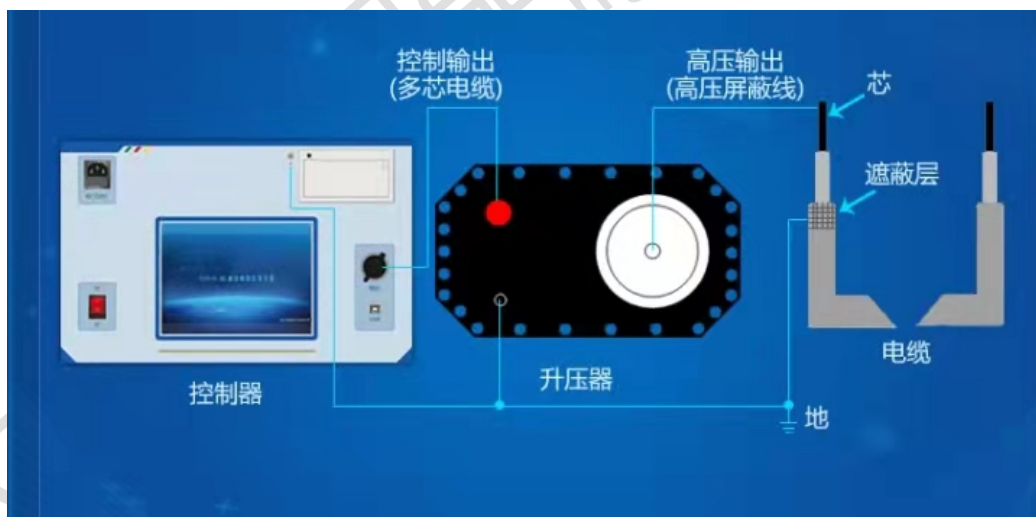


图 15 单相电缆测试接线图

7. 试验时间到后，仪器自动停机。若试验中无破坏性放电发生，则认为通过耐压试验。

8. 在升压和耐压过程中，如发现输出波形异常畸变，而且电流异常增大，电压不稳，试品电缆发生异味、烟雾、异常响声或闪烙等现象，应立即停止升压，停机后查明原因。这些现象如果是试品电缆绝缘部分薄弱引起的，则认为耐压试验不合格。如确定是试品电缆由于空气湿度或表面脏污等原因所致，应将试品电缆清洁干燥处理后，再进行试验。
9. 试验过程中，如果遇到非试品电缆绝缘缺陷使仪器出现过流保护，在查明原因后，应重新进行耐压试验。

八. 同步电机耐压试验方法

对同步电机的超低频耐压试验操作方法与以上对电缆的操作方法相似。下面就不同的地方作补充说明。

1. 在交接、大修、局部更换绕组以及常规试验时，均可进行此项试验。用 0.1Hz 超低频对电机进行耐压试验，对发电机端部绝缘的缺陷比工频耐压试验更有效。其原因是在工频电压下，由于从线棒流出的电容电流在流经绝缘外面的半导体防晕层时造成了较大的电压降，因而使端部的线棒绝缘上承受的电压减小；而在超低频情况下，此电容电流大大减小了，半导体防晕层上的压降也大为减小，故端部绝缘上电压较高，便于发现缺陷。

2. 接线方法：试验时应分相进行，给被试相加压，非被试相短接接地。试验接线如图 16 所示。

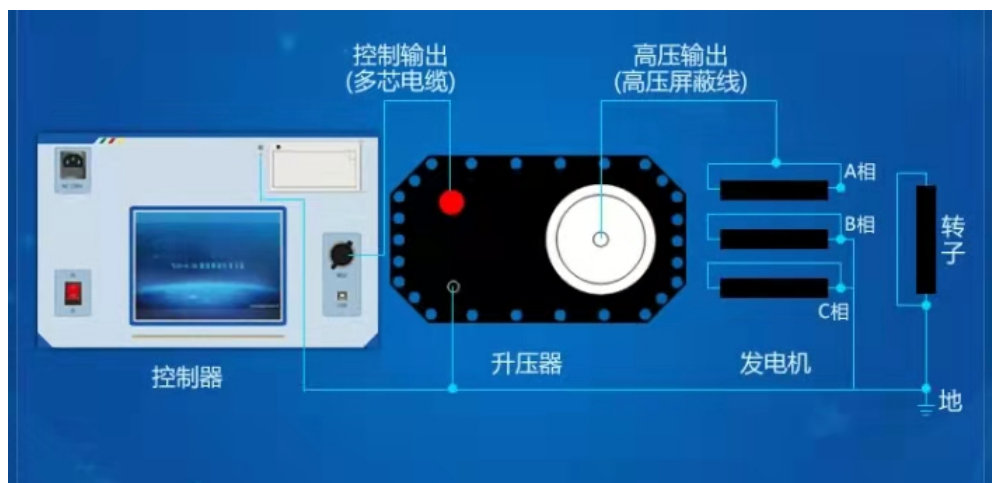


图 16 测试某相定子的接线图

3. 按照规程规定，试验电压峰值可按如下公式 3 确定：

$$U_{\max} = \sqrt{2} \beta K U_0 \dots\dots\dots$$

(公式 3)

其中 U_{\max} ：0.1Hz 试验电压的峰值 (kV) ；

β ：0.1Hz 与 50Hz 电压的等效系数，按我国规程的要求， β 取 1.2；

K ：整定系数，通常为 1.3~1.5，一般取 1.5

U_0 ：同步电机定子绕组额定电压 (kV)

例如：额定电压为 10.5kV 的同步电机，超低频的试验电压峰值计算方法为：

$$U_{\max} = \sqrt{2} \times 1.2 \times 1.5 \times 10.5 \approx 26 \text{ (kV)}$$

4. 试验时间整定：与工频耐压的试验时间相同，一般为 1min。

5. 过流保护动作电流整定值：整定方法与电缆相同。

6. 在耐压过程中，若无异常声响、气味、冒烟以及数据显示不稳定等现象，

可以认为绝缘耐受住了试验的考验。为了更好地了解绝缘情况，应尽可能全面监视绝缘的表面状态，特别是空冷机组。经验指出，外观监视能发现仪表所不能反映的同步电机绝缘不正常现象，如表面电晕、放电等。

注：异步电机的结构与同步电机相比只是没有转子绕组，其试验接线与同步电机类似。

九. 注意事项

1. 试验时请严格遵守高压试验的安全规范，由专业人员操作；
2. 仪器如有故障，切勿自行拆机修理，应与我公司联系；
3. 关机后应用放电棒对被试品进行充分放电，确信放电完毕后，再拆线！

十. 随机附件

1. 电源线.....一根；
2. 地线.....一根；
3. 控制箱.....一台；
4. 升压器.....一台；
5. 高压输出线.....一根；
6. 连接线.....一根；
7. 双头夹线.....一根；
8. 保险管.....两只；
9. 放电棒.....一套；

- 10. 电容器.....一个；
- 11. 打印纸.....两卷。

十一. 运输及保存

(1) 运输

本产品运输时必须进行包装，包装箱可用纸箱或木箱，包装箱内应垫有泡沫防震层。包装好的产品，应能经公路、铁路、航空运输。运输过程中不得置于露天车箱。仓库应注意防雨、防尘、防机械损伤。

(2) 储存

仪器平时不用时，应储存在环境温度 $-20^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度不超过 85%，通风，无腐蚀性气体的室内。存储时不应紧靠地面和墙壁。

(3) 防潮

在气候潮湿的地区或潮湿的季节，本仪器如长期不用，要求每月开机通电一次（约二小时），以使潮气散发，保护元器件。

(4) 防曝晒

仪器在室外使用时，尽可能避免或减少阳光的直接曝晒。仪器在室外使用时，尽可能避免或减少阳光的直接曝晒。

十二. 质量保证

(1) 本仪器严格按照国家标准和企业标准制造，每一台仪器都经过严格的出厂检验。

(2) 本仪器享有一年/两年的保修期，在此期间由于制造上的原因而使

质量低于特性要求，本公司将免费予以保修。

(3) 在仪器使用寿命内，本公司将终身提供仪器的维护、使用培训、软件升级等相关服务。

(4) 如果在使用中发现问题，请及时与本公司联系，我们将根据情况采取最便捷的方式为您服务。

十三、售后服务

本产品保修一年，实行“三包”，终身维修，在保修期内凡属本公司设备质量问题，提供免费维修。由于用户操作不当或不慎造成损坏，提供优惠服务。