

耐压测试仪

根据其作用可称为电气绝缘强度试验仪、介质强度测试仪等。其工作原理是：把一个高于正常工作的电压加在被测设备的绝缘体上，持续一段规定的时间，加在上面的电压就只会产生很小的漏电流，则绝缘性较好。程控电源模块、信号采集调理模块和计算机控制系统三个模块组成测试系统。选择耐压仪的 2 个指标：最大输出电压值及最大报警电流值的数值。

耐压测试仪概述

耐压测试仪又叫电气绝缘强度试验仪或叫介质强度测试仪，也有称介质击穿装置、绝缘强度测试仪、高压实验仪、高压击穿装置、耐压试验仪等。将一规定交流或直流高压施加在电器带电部分和非带电部分（一般为外壳）之间以检查电器的绝缘材料所能承受耐压能力的试验。电器在长期工作中，不仅要承受额定工作电压的作用，还要承受操作过程中引起短时间的高于额定工作电压的过电压作用（过电压值可能会高于额定工作电压值的好几倍）。在这些电压的作用下，电气绝缘材料的内部结构将发生变化。当过电压强度达到某一定值时，就会使材料的绝缘击穿，电器将不能正常运行，操作者就可能触电，危及人身安全。

电气安全主要测试指标包括交/直流耐压、绝缘电阻、泄漏电流、接地电阻等。交/直流耐压试验用于检验产品在实际工作状态下的电气安全性能，是检验设备电气安全性能的重要指标之一。目前市场上所见的耐压测试仪采用 GB4706（等同 IEC1010）标准，使用较多的是台式结构的单项测试指标测试仪器，不能满足用户需要多指标综合测试的需求；而且目前市场上的耐压测试仪多采用的是传统的测试方法，测试精度不高，采用的技术和主要性能指标与国外先进水平有一定的差距，不能完全满足目前发展的电气安全性能测试工作的需要。因此研究符合最新国际标准的采用先进技术和具有更好性能指标的耐压测试系统具有重要意义。

耐压测试仪主要用于聚乙烯绝缘的电力电缆的耐压测试，也可用于大型电力变压器的绝缘耐压测试。耐压测试仪采用超低频高压测试电力电缆的耐压是一种新的方法

耐压测试仪基本原理

耐压测试仪的基本原理：把一个高于正常工作的电压加在被测设备的绝缘体上，并持续一段规定的时间，如果其间的绝缘性足够好，加在上面的电压就只会产生很小的漏电流。如果一个被测设备绝缘体在规定的时间内，其漏电电流保持在规定的范围内，就可以确定这个被测设备可以在正常的运行条件下安全运行。

测试系统有三大模块：程控电源模块、信号采集调理模块和计算机控制系统。

耐压测试仪结构及组成

（1）升压部分

调压变压器、升压变压器及升压部分电源接通及切断开关组成。

220V 电压通过接通，切断开关加到调压变压器上调压变压器输出连接升压变压器。用户只需调节调压器就可以控制升压变压器的输出电压。

（2）控制部分

电流取样，时间电路、报警电路组成。控制部分当收到启动信号，仪器立即在接通升压部分电源。当收到被测回路电流超过设定值及发出声光报警立即切断升压回路电源。当收到复位或者时间到信号后切断升压回路电源。

（3）显示电路

显示器显示升压变压器输出电压值。显示由电流取样部分的电流值，及时间电路的时间值一般为倒计时。

(4) 程控耐压测试仪

以上是传统的耐电压试验仪的结构组成。随着电子技术及单片，计算机技术飞速发展；程控耐压测试仪这几年也发展很快，程控耐压仪与传统的耐压仪不同之处主要是升压部分。程控耐压仪高压升压不是通过市电由调压器来调节，而是通过单片计算机控制产生一个 50Hz 或 60Hz 的正弦波信号再通过功率放大电路进行放大升压，输出电压值也由单片计算机进行控制，其它部分原理与传统耐压仪差别不大。

耐压测试仪的选用

选用耐压仪最重要的是 2 个指标，最大输出电压值及最大报警电流值一定要大于你所需要的电压值和报警电流值。一般被试产品标准中规定了施加高压值及报警判定电流值。如果施加的电压越高，报警判定电流越大，那么需要耐压仪升压变压器功率就越大，一般耐压仪升压变压器功率有 0.2kVA、0.5kVA、1kVA、2kVA、3kVA 等。最高电压可以到几万伏。最大报警电流 500mA-1000mA 等。所以在选择耐压仪时一定要注意这 2 个指标。功率选太大就会造成浪费，选的太小耐压试验不能正确判断合格与否。根据 IEC414 或 (GB6738-86) 中规定选择耐压仪的功率方法，我们认为比较科学的。“首先将耐压仪的输出电压调到规定值的 50%，然后接上被试品，当观测到的电压降小于该电压值的 10% 时，则认为耐压仪的功率是足够的。”也就是如果某一产品的耐压试验的电压值为 3000 伏，先把耐压仪的输出电压调到 1500 伏后接上被试品，如果此时耐压仪输出电压下降的值不大于 150 伏，那么耐压仪的功率是足够的。被试品的带电部分与外壳之间存在分布电容。电容存在一个 CX 容抗，当一个交流电压施加在这 CX 电容两端就会引成一个电流。

这个电流的大小与 CX 电容的容量成正比与施加的电压值成正比，当这个电流大到或超过耐压仪最大输出电流时，这台耐压仪就不能正确判别试验合格与否。

耐压测试仪基本要求

- 测试电压显示—指针或数显
- 泄漏电流显示—指针或数显
- 测试时间显示—一般为 0-99S
- 升压形式—自动或手动
- 击穿报警电流可设定应为全量程
- 报警形式声光
- 误差一般在±3%以内

耐压测试仪操作规程

一、运行检查测试

- 1、将 0.7MΩ 标准电阻的一端连接耐压仪的地线。
- 2、接通电源，将仪器、报警漏电流设定在 5mA。
- 3、开启仪器，用测试棒击标准电阻另一端，调整电压在 3410V 至 3590V 内仪器发出报警，则判定该仪器处于正常工作状态，若不在 3410V 至 3590V 范围内仪器报警的，则仪器工作不正常。

4、当在运行检查时发现设备功能失效，运行检查结果不能满足规定要求时，操作人员需将上一次运行检查合格以来检测过的产品重新进行检测，并将仪器送去维修。

二、熟悉仪器的各项性能及操作要求

应由固定岗位人员操作、非本岗位人员严禁操作。

三、操作步骤

操作者坐椅和脚下必须垫好橡胶绝缘垫，只有在测试灯熄灭状态下，无高压输出方可进行被测机型连接或拆卸操作。

1. 测试前对仪器进行校准，(方法：漏电电流 5mA 状态下，用 700K Ω 陶瓷电阻跨接于地线夹同高压测试棒探头之间至仪器报警为准。

2. 连接被测机型是在确定电压表指定为“0”，测试灯灭状态下将仪器地线夹夹紧被测机散热架，并按下被测机型的电源开关。

3. 设定仪器测试条件：A、电压：3500V；B、漏电流：5mA；C、测试时间定时为：流水线生产时 4 秒。

4. 将测试棒探头紧贴电源线头的任一交流输入金属插片。

5. 按下启动键观察测试结果，在设定时间内，超漏灯不亮，测被测机型为合格。

6. 如果被测机型超过设定漏电流值，则仪器自动切断输出电压，同时蜂鸣器报警，超漏灯亮，则被测机型为不合格，按下复位键即可清除报警声，再测试时应重新按启动键。

四、使用注意事项

1. 操作者脚下垫绝缘橡皮垫，戴绝缘手套，以防高压电击造成生命危险

2. 仪器必须可靠接地；

3. 在连接被测体时，必须保证高压输出“0”及在“复位”状态；

4. 测试时，仪器接地端与被测体要可靠相接，严禁开路；

5. 切勿将输出地线与交流电源线短路，以免外壳带有高压，造成危险；

6. 尽可能避免高压输出端与地线短路，以防发生意外；

7. 测试灯、超漏灯、一旦损坏，必须立即更换，以防造成误判；

8. 排除故障时，必须切断电源；

9. 仪器空载调整高压时，漏电流指示表头有起始电流，均属正常，不影响测试精度。

10. 仪器避免阳光正面直射，不要在高温潮湿多尘的环境中使用或存放。

五、保养与操作规范

注意仪器保养，操作人员离开岗位必须断开仪器电源。

耐压测试的原理

耐压测试是指对各种电器装置、绝缘材料和绝缘结构的耐受电压能力进行的测试。在不破坏绝缘材料性能的情况下，对绝缘材料或绝缘结构施加高电压的过程称为耐压试验。一般来讲，耐压测试主要目的是检查绝缘耐受工作电压或过电压的能力，进而检验产品设备的绝缘性能是否符合安全标准。

耐压测试的基本原理：把一个高于正常工作的电压加在被测设备的绝缘体上，并持续一段规定的时间，如果其间的绝缘性足够好，加在上面的电压就只会产生很小的漏电流。如果一个被测设备绝缘体在规定的时间内，其漏电电流保持在规定的范围内，就可以确定这个被测设备可以在正常的运行条件下安全运行。进行耐压测试时，技术规格不同被测试品，测量标准也就不同。对一般被测设备，耐压测试是测量火线与机壳之间的漏电流值，基本规定是：以两倍于被测物的工作电压再加 1000V 作为测试的标准电压。部分产品的测试电压可能高于这一规定值。按照 IEC61010 的规定，测试电压必须在 5s 内逐渐地上升到所要求的试验电压值（例如 5kV 等），保证试验电压值稳定加在被测绝缘体上不少于 5s，此时所测回路的漏电流值与标准规定的泄漏电流阈值相比较，就可以判断被测产品的绝缘性能是否符合标准。测试结束后，试验电压必须在规定的时间内逐渐地降至零。

耐压测试系统设计

测试系统有三大模块：程控电源模块、信号采集调理模块和计算机控制系统。

程控电源模块

由输出位 0V~140V 的程控电源和高压变压器构成，在单片机 ADCm842 控制下程控电源输出电压经变压器升压可以得到设定的输出电压值。

信号采集调理模块

包括传感器、信号调理电路和过电流保护电路，测试回路漏电流通过传感器进入信号采集和调理电路，在信号采集和调理电路中对漏电流信号进行 I/V 转换变成满足 A/D 输入范围的电压信号。过流保护电路在试品或电路故障时启动。

计算机控制系统

单片机 ADCm842 和计算机构成 PC 计算机控制系统,控制测试过程电压升降、A/D 转换、数据的处理和分析。

1、信号采集和调理模块设计

耐压测试需要监测的参数是：变压器输出高电压的值和测试回路的漏电流值（如图 2）。测试系统中所使用的升压变压器二次绕组有 0~5000V 和 0~5V 两路电压输出，当变压器二次绕组高压输出从 0V 到 5000V 变化时，变压器二次绕组低压输出从 0V 到 5V 之间变化，两路输出之间具有良好的线性关系。测试开始在设定的升压时间间隔内，变压器二次绕组低压侧输出的电压经隔离变压器和信号调理电路后进入单片机 ADCm842，单片机 ADCm842 中的 12 位 ADC 以每秒 42 万次转换速度进行高速 A/D 转换，A/D 转换后的数字量传送给计算机并与计算机设定值相比较，直到输出电压符合设定电压值，我们就认为实际输出测试电压满足了我们设定值的要求。

耐压测试系统漏电流的测试范围是 0mA~20mA，测试开始时，被测设备漏电流通过电流互感器，然后经 I/V 转换电路将采样电流转换成电压在单片机内进行相应的 A/D 转换和计算，最终得到被测设备在设定电压条件下的泄漏电流值，通过和安全标准规定的泄漏电流值相比较，就可以检验设备耐压测试是否合格。实际测试时，在电流互感器二次侧设计了过流保护电路，当有过流情况出现时，例如被测设备被击穿或者被测设备绝缘缺陷，电源迅速被切断，测试被终止以保护测试系统不被损坏。

常规的信号调理部分采用真有效值的模拟运算，泄漏电流信号的有效值和峰值运算都是由硬件电路完成后输入单片机或计算机的。这种信号调理方式最终只能获得泄漏电流信号的峰值或有效值。这种方法不仅精度不高而且损失了频率信息，不能真实的复现泄漏电流的实际波形。本系统采用了高速的 A/D 转换将交流电压值直接采集进计算机，按照用户要求计算出峰值和有效值，并且画出实时的漏电流波形使用户能直观的监测漏电流情况。计算机还可以进行软件校正，去除漂移、失调造成的误差。按照实际情况还可以采用数字滤波的方式去除高频干扰，这种信号调理方式简化了硬件电路，成本较低，测试精度高，测试稳定性好。由于耐压测试的试验电压较高，为了保证试验的安全性，在测试过程中要保证测试系统机箱外壳良好的接地。

2、程控电源模块的设计

由于在实际的耐压测试中，对不同产品可能要求施加不同的测试电压，这就要求耐压测试系统输出测试电压是可调的。PWM(Pulse Width Modulation)是控制逆变电源以实现可调电压的输出的主要方法之一。PWM 控制的理论基础建立在采样控制理论的一个重要结论上，即：冲量相等而形状不同的窄脉冲加在具有惯性的环节上时，其效果基本相同。SPWM 波形就是把正弦波用等幅不等宽的脉冲代替，脉冲中点与正弦等分中点重合，且与相对应的正弦面积相等，各脉冲的宽度按正弦规律变化。SPWM 波的产生有很多方法，可以由专用集成芯片或通用电路组合产生，也可以由单片机产生。本系统采用单片机 ATMEGA16L 产生

SPWM 波, 利用单片机 ATMEGA16L 的内部的累加器和比较器通调节占空比在 PC4 口输出 SPWM 波。

程控电压源采用单向 220V 工频交流电经过桥式整流获得直流电压, 经过滤波后为逆变电路提供稳定的直流电。同时由单片机产生的单相 SPWM 波经过非门产生一路和单片机输出相位互补的 SPWM 波, 这两路互补的 SPWM 波分别经过单稳电路和隔离驱动电路后就可以产生两路相位互补的门级触发脉冲序列可以控制的通断。最终由 IGBT 构成的逆变桥输出经低通滤波可得到标准正弦波, 正弦电压幅值 0V~140V 可调。

3、计算机控制系统及软件设计

耐压测试以高性能单片机 ADCm842 为核心组成计算机控制系统。ADCm842 内部集成了 12 位 A/D 和 D/A 转换器, 具有 DMA 控制器可完成 A/D 转换到 RAM 的高速转换。ADCm842 具有优越的 8052 内核, 峰值效率每秒可执行 20 兆指令。ADCm842 内部有多大 62KB 的片内程序闪存; 4KB 的片内数据闪存, 可擦写 10 万次的 2.3KB 的片内数据 RAM。测试系统的单片机采用 C51 编程对测试进行控制和数据的处理, PC 计算机主要提供人机交互的界面。这种测试系统应用起来灵活方便。

测试控制系统包括对电压源的控制、数据的采集、A/D 转换、数据分析、数据输出和显示、数据存储等, 同时耐压测试系统软件可实现测试前自检, 自动消除可能的误差因素和对故障报警等功能。通过软件实现对测试电压的准确控制。当测试电压达到测试要求值时, 启动测试。软件按照 IEC61010 中的测试标准对电压进行控制。计算机采用 VC++ 编程, 测试界面直观操作方便。用户可以按照实际测试设置不同的测试时间和泄漏电流阈值, 可以监视测试进度并显示测试结果, 如果在测试过程中发生被测样品击穿现象或其它可能的过流现象, 测试仪的输出电压能迅速降为零, 并发出报警信号。

实际测试选用 0.5 级的 ZX117A 型可调高压电阻箱作为标准被测件, 通过单片机控制输出电压升到设定值, 用南京长胜的 CS1940 型数字高压表监视电压输出, 输出电压的误差不超过 $\pm 1.5\%$ 。使用美国安捷伦的六位半数字万用表 A-34401A 测量系统漏电流, 以漏电流的计算值为标准评价本系统的测试精度, 按照最新国际标准 IEC61010, 以不同高电压施加在相同电阻上分别进行漏电流测试, 测试结果表明, 测量数据的重复性较好, 漏电流的测试误差为 $\pm (1.5\% \pm 0.05\text{mA})$ 。

绝缘耐压测试仪测量范围 耐压 AC0~5kV/100mA 绝缘 DC250V 500V 1000V 1~9999M Ω 性能特点性能提升的绝缘耐压测试仪 测试电压、时间、漏电流、绝缘电阻全数显, 准确美观 测量绝缘电阻值高达 1010 Ω 智能、单片机控制、测试绝缘电阻、电压、漏电流、时间可任意调节, 范围广、准确度高 既可测试产品的电阻、电压也可对合格、不合格品进行筛选、声光报警 技术参数 输出电压 AC 0~5kV $\pm 3\%$, 任意调节击穿电流 AC 0~100mA $\pm 5\%$, 任意设定 时 1~99s, $\pm 3\%$, 手控绝缘电阻测试电压 DC 250V/500V/1000V, 测量范围 1~9999M Ω , $\pm 3\% \sim \pm 5\%$, 任意设定变压器容量 750VA 主要功能 I/W、W/I 自动转换, 手动/自动, 单片微处理器控制测试, 合格/不合格声光报警, 击穿保护等功能。

变压器感应绝缘耐压测试仪技术原理及应用

[2009-8-17][转载请注明来源: 就是要仪器网] 摘要: 文章简单介绍了变压器感应绝缘耐压测试仪的组成原理及特点, 并对其应用范围和应用方法作了详细的说明, 最后结合 5W 小型变压器的测试实例介绍功率判定变压器匝间短路的方法。

变压器感应绝缘耐压测试仪检测原理

相对于变压器的主绝缘即绕组与绕组之间以及绕组与铁芯之间的绝缘而言, 变压器还有另外一项重要的绝缘性能指标——纵绝缘。纵绝缘是指变压器绕组具有不同电位的不同点和

不同部位之间的绝缘，主要包括绕组匝间、层间和段间的绝缘性能，而国家标准和国际电工委员会（IEC）标准中规定的“感应耐压试验”则是专门用于检验变压器纵绝缘性能的测试方法之一。

变压器的纵绝缘主要依赖于绕组内的绝缘介质——漆包线本身的绝缘漆、变压器油、绝缘纸、浸渍漆和绝缘胶等等（不同种类的变压器可能包含其中一种或多种绝缘介质）；纵绝缘电介质很难保证 100% 的纯净度，难免混含固体杂质、气泡或水份等，生产过程中也会受到不同程度的损伤；变压器工作时的最高场强集中在这些缺陷处，长期负载运作的温升又降低绝缘介质的击穿电压，造成局部放电，电介质通过外施交变电场吸收的功率即介质损耗会显著增加，导致电介质发热严重，介质电导增大，该部位的大电流也会产生热量，就会使电介质的温度继续升高，而温度的升高反过来又使电介质的电导增加。如此长期恶性循环下去，最后导致电介质的热击穿和整个变压器的毁坏。这一故障表现在变压器的特性上就是空载电流和空载功耗显著增加，并且绕组有灼热、飞弧、振动和啸叫等不良现象。可见利用感应耐压试验检测出变压器是否含有纵绝缘缺陷是极其必要的。

感应耐压试验原理

变压器刚出产时，没有经过恶劣环境长时间的考验，外施其额定电压和频率的电源作试验，绕组匝间、层间和段间的电压不足以达到电介质缺陷处的击穿电压难以造成这些绝缘缺陷处的放电和击穿，这种存在绝缘故障隐患的变压器与绝缘性能良好的同类变压器的空载电流和空载功耗没有太大的差别，故而难以发现这些隐患；

而感应耐压试验给变压器施加 2 倍额定电压以上的电压，可在纵绝缘缺陷处建立更高更集中的场强，绕组匝间、层间和段间的电压达到并超过电介质缺陷处的击穿电压；感应耐压试验给变压器施加频率在 2 倍的额定频率以上，较高的频率又可以大大降低固体电介质的击穿电压，使得绝缘缺陷更容易被击穿；感应耐压试验所规定的外施电压的作用时间亦可保证绝缘缺陷的击穿；故感应耐压试验可以可靠地检测出变压器纵绝缘性能的好坏。

感应耐压试验给变压器施加电源的频率之所以在 2 倍的额定频率以上，是因为：变压器的激磁电流 i ——主磁通振幅 Φ_m 的特性曲线一般设计在额定频率和额定电压下接近弯曲饱和和部分（如图 1 所示），又因在电源频率不变的情况下，主磁通 Φ_m 决定于外施电压 U ： $U = E = 4.44Wf\Phi_m$

U ——外施电源电压，V $\Delta \Phi_m$

E ——加电绕组的感应电动势，V

f ——外施电源频率，Hz

W ——加电绕组的匝数，n

所以给变压器加 2 倍额定电压以上的电压 Δi

必然会导致铁芯严重饱和，主磁通 Φ_m 增大 $\Delta \Phi_m$ ，

由图 1 可知激磁电流 i 会急剧增加，致使变压器发热烧毁；为使变压器在加 2 倍压以上铁芯仍不饱和，则需要提高电源的频率至 2 倍频以上。

感应耐压试验给变压器原边加 2 倍压以上，2 倍频以上的电源，变压器的主磁通会使原边和副边同时感应出感应电动势 E_1 和 E_2 ，且分别是其额定工作状态下的 2 倍以上，所以感应耐压试验可以同时为主、副绕组进行纵绝缘性能的测试。当然，我们也完全可以根据需要从变压器的副边进行测试，不过所施加的电压应当是变压器额定工作状态下空载电压的 2 倍以上，频率同样是额定频率的 2 倍以上

艾诺变压器专用感应耐压测试仪系统组成原理

艾诺公司推出的变压器专用感应耐压测试仪是以 intel 公司 80c196kc 单片机芯片作为系统的控制和运算核心，由测量电路、控制切换电路、功率模块及用户界面电路共同组成，其

关键技术为变频调压和精密测量。

感应耐压测试仪 AN96803 产品特点

艾诺变压器专用感应耐压测试仪 AN96803 产品特点

1、高精度电流、功率测量

针对市场与技术调研结果，用户对于感应耐压测试中，小电流、小功率测试有很大的应用领域，AN96803 提高了电流和功率测量显示的分辨率，电流低档 0.50-30.00mA 分辨率 0.01mA/高档 30.0-300.0mA 分辨率 0.1mA，电流高低档精度均为 $\pm(0.4\%\text{读数值}+0.1\%\text{量程值})$ ，功率低档 0.50W-20.00W 分辨率 0.01W\高档 20W~300W 分辨率 0.1W，功率高低档误差均为 $\pm(0.8\%\text{读数值}+0.2\%\text{量程值})$ 。电流、功率可保证精度的量程由 0.50mA-300.0mA，0.50W-300W 可满足用户对测量精度的要求。

2、高精度有功功率测量

具有高精度有功功率测量，可更有效的协助用于某些微型电子变压器的匝间短路判定。在微型电子变压器中，由于匝数多（数千匝以上），线径细（漆包导线直径 0.1mm 以下），在短路数匝到数十匝的情况下，与正常的变压器相比，倍频倍压下的测试电流变化没有有功功率变化明显（短路 10 匝一般变化在 50%左右），实验结果表明，有匝间短路的情况下，变压器的功率因数增大，有功功率增大，因此可作为微型电子变压器匝间短路判定的依据，更准确地对变压器的性能进行判断。下面 5W 小型变压器初级短路的测试报告数据可表明这个问题。

因此，电流、功率、功率因数指标都可做为变压器匝间短路的判定依据，其中功率测量方法，可以作为最好的判定依据。而且 AN968 测试仪由于采用感应耐压测试方式，进行无损检测，不对被测试负载造成破坏，在保证更优测试质量的前提下，可以更大的提高生产效率，降低原材料损耗。

所以艾诺 AN968 系列变压器感应耐压测试仪可以在保证无损检测的基础上更好更有效的检验出变压器的纵绝缘性能的好坏，更适用于变压器流水线、实验室检测。详细内容请参看以下内容：

编辑本段关于变压器匝间短路功率测量法介绍

1、从理论分析：

变压器空载电流公式

注：I_{co} 为铁损电流，与匝数无关，I_{φo} 为磁化电流，与变压器初级匝数成反比，如果变压器有短路匝，造成空载电流 I_o 变大

变压器空载损耗公式

注：P_{co} 铁损损耗，r_l (20℃)为初级铜阻

从上述公式看，空载损耗与空载电流的平方成正比关系，这样与变压器初级匝数的平方成反比关系。因此，变压器有短路匝数时，空载损耗变化量要比空载电流变化量大得多。