

Voltech

VOLTECH INSTRUMENTS

AT5600 全自动变压器测试仪



用户手册

Voltech AT5600 Wound Component Tester

AT5600 User Manual

Thank you for choosing the Voltech AT5600.

This wound component tester should give you many years of reliable use.

Should you experience any difficulty during the set up or use of your Voltech product, please do not hesitate to contact either your local supplier or one of our main offices.

sales@voltech.com
www.voltech.com

© Voltech Instruments All rights reserved

No part of this publication may be produced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form, or by means, electronic, mechanical photocopying, recording or otherwise without prior written permission of Voltech

Issue 21 / 10 JAN 2022 / Firmware 1.003.070

目录

1.	介绍.....	8
1.1.	AT5600 的新特征	8
1.2.	如何使用本手册	9
1.3.	常规安全介绍	10
1.4.	包装内容	11
2.	系统概述	12
2.1.	AT5600 是什么?	12
2.2.	AT5600 是用来干什么的?	13
2.3.	AT5600 的功能概述	13
2.4.	前面板概述	14
2.5.	背面板概述	16
2.6.	循环气流	19
2.7.	倾斜脚垫	20
2.8.	移动/搬运槽	20
2.9.	经典安装范例	21
2.9.1.	Server PC – 管理测试结果和测试程序	21
2.9.2.	Editor PC – 开发测试程序	21
2.9.3.	测试治具	22
2.9.4.	光幕（或其他安全装置）	22
3.	AT5600 的使用	24
3.1.	使用概述	24
3.2.	测试治具	25
3.3.	创建测试程序 - AT Editor	26
3.4.	利用编辑完的测试程序	28
3.5.	打印测试结果	30
3.5.1.	打印报告的格式	30
3.6.	推荐安装方式	32
3.7.	在生产测试中操作 AT5600	33
3.7.1.	传统方式操作	33
3.7.2.	自动化生产	33
4.	AT5600 功能概述	34
4.1.	内部功能模块	34
4.1.1.	测试节点	34
4.1.2.	继电器开关矩阵	35
4.1.3.	处理器	35
4.1.4.	测试源	35
4.1.5.	测量电路	36
4.1.6.	触摸屏和按键	37
4.1.7.	接口	37
4.2.	AT5600 测试仪是如何运行测试的?	38
5.	开始	40
5.1.	AT5600 的安装	40
5.2.	安装编辑器软件	41
5.3.	安装服务器软件	41
5.4.	快速入门教程	42
5.4.1.	创建一个简单的原理图	42
5.4.2.	创建测试程序	44
5.4.3.	从编辑器中运行程序	50

5.4.4.	程序保存至服务器软件	52
55.	USB 打印机设置.....	56
56.	条形码阅读器设置.....	60
6.	安全系统	62
6.1.	介绍	62
6.2.	推荐的安全系统	63
6.2.1.	Banner 光幕系统的说明	63
6.2.2.	搭建您自己的安全系统	64
6.3.	安全声明	65
6.4.	安全系统安装示例.....	65
6.5.	AT5600 安全系统用户界面	67
6.6.	构建安全的治具	68
6.7.	DC1000 直流偏置电流源	68
6.8.	AC Interface 治具	68
7.	测试与测试条件.....	70
7.1.	可用测试	70
7.1.1.	低压测试	71
7.1.2.	高压测试	73
7.1.3.	DC1000 及 DC1000A 测试	74
7.1.4.	AC Interface 测试	74
7.1.5.	其他功能性测试	75
7.2.	谐振频率	76
7.3.	Integration 的定义.....	77
7.4.	CTY – 连续性	79
7.5.	R – 线圈电阻	80
7.6.	RLS 或 RLP – 串/并联等效电阻	82
7.7.	LS 或 LP – 电感（串/并联电路）	83
7.8.	LSB 或 LPB – 偏流电感（串/并联线路）	86
7.9.	QL – 品质因数	87
7.10.	D – 耗散因数	88
7.11.	LL – 漏感	89
7.12.	C – 电容	91
7.13.	TR – 圈比	94
7.13.1.	中心抽头/自耦变压器的最佳操作.....	96
7.14.	TRL – 电感比测圈比	99
7.15.	Z, ZB – 阻抗，偏置阻抗	102
7.16.	R2 – 直流电阻匹配	103
7.17.	L2 – 电感匹配	104
7.18.	C2 – 电容匹配	107
7.19.	GBAL – 通用纵向平衡	109
7.20.	LBAL – 纵向平衡	112
7.21.	ILOS – 插入损耗.....	113
7.21.1.	使用源电阻的治具和编程提示	114
7.22.	RESP – 频率响应	116
7.23.	RLOS – 回波损耗	118
7.24.	ANGL – 阻抗相角	120
7.25.	PHAS – 线圈间的相角	122
7.26.	OUT – 输出到用户端	124
7.27.	IR – 绝缘电阻	125
7.28.	HPDC – 直流耐压（超高压）	128
7.29.	HPAC – 交流耐压（超高压）	130
7.30.	SURG – 浪涌测试.....	132
7.31.	WATT – 功率	135

7.32.	WATX – 功率（外部源）	136
7.33.	STRW – 压迫功率	138
7.34.	STRX – 压迫功率（外部源）	139
7.35.	MAGI – 磁化电流	141
7.36.	MAGX – 磁化电流（外部源）	143
7.37.	VOC – 开路电压	145
7.38.	VOCX – 开路电压（外部源）	147
7.39.	LVOC – 低压开路	150
7.40.	ILK – 漏电流	152
7.41.	LSBX – 偏流电感（串联）	153
7.42.	LPBX – 偏流电感（串联）	154
7.43.	ZBX – 偏流阻抗	155
7.44.	ACRT – 交流缓升耐压	156
7.45.	DCRT – 直流缓升耐压	157
7.46.	ACVB – 交流击穿电压	158
7.47.	DCVB – 直流击穿电压	159
7.48.	WAIT – 延迟	160
7.49.	PWRF – 功率因数	162
8.	前面板操作	165
8.1.	介绍	165
8.1.1.	触摸显示屏	165
8.1.2.	RUN 以及 STOP 按键	166
8.1.3.	用户输入	166
8.1.4.	启动界面	167
8.1.5.	主界面	167
8.1.6.	PART LIST – 程序列表	168
8.1.6.1	Part Number – 程序名	169
8.1.6.2	Serial Number – 序列号	171
8.1.6.3	Batch – 批次号	172
8.1.6.4	Operator – 操作员识别号	173
8.1.6.5	Compensation – 补偿	174
8.1.6.6	Run Screen – 运行界面	180
8.1.6.7	Results – 结果	182
8.1.6.8	Schematic – 原理图	183
8.1.7.	自检	186
8.1.8.	设置	188
8.1.9.	提示音	189
8.1.10.	时钟	190
8.1.11.	Server	191
8.1.12.	Network – 网络	192
8.1.13.	兼容性	193
8.1.13.1	AT3600 兼容模式	193
8.1.13.2	语言	195
8.1.14.	设备信息	196
8.1.15.	状态栏图标	197
8.2.	测试绕线元件	199
8.2.1.	典型工作流程	199
8.2.2.	可追溯性	201
8.2.3.	STOP ON FAIL 功能	202
8.2.4.	查看测试结果	203
9.	发现并修理故障	205
9.1.	测量故障代码	205
9.1.1.	自检错误代码	205

9.1.2.	编辑器错误代码	206
9.1.3.	状态码示例	206
92	解决异常	208
9.2.1.	安全锁异常	208
9.2.2.	温度异常	208
9.2.3.	电压出现异常	209
10.	精度与规格	211
10.1.	精度概述	211
10.1.1.	低压测试	212
10.1.2.	高压测试	213
10.1.3.	DC1000 + DC1000A 测试	213
10.1.4.	AC Interface 测试	213
102	精度 – 可用的测试	215
10.2.1.	R 测试	215
10.2.2.	LS, LP, RLS, RLP, LL 和 C 测试	216
10.2.3.	QL 和 D 测试	217
10.2.4.	TR 测试	218
10.2.5.	TRL 测试	219
10.2.6.	MAGI 测试	220
10.2.7.	MAGX 测试（外部源）	221
10.2.8.	VOC 测试	222
10.2.9.	VOCX 测试（外部源）	223
10.2.10.	LVOC 测试	224
10.2.11.	IR 测试	225
10.2.12.	HPDC 测试	226
10.2.13.	HPAC 测试	227
10.2.14.	LSB 和 LPB 测试	228
10.2.15.	WATT 和 STRW 测试	229
10.2.16.	WATX 和 STRX 测试（外部源）	230
10.2.17.	SURG 测试	231
10.2.17.1	最大可编辑 SURG 电压	232
10.2.18.	L2, C2 和 R2 测试	233
10.2.19.	GBAL 测试	234
10.2.20.	LBAL 和 ILOS 测试	235
10.2.21.	RESP 测试	236
10.2.22.	RLOS 测试	237
10.2.23.	Z 和 ZB 测试	238
10.2.24.	ANGL 测试	239
10.2.25.	PHAS 测试	240
10.2.26.	ILK 测试	241
10.2.27.	LSBX 和 LPBX 测试	242
10.2.28.	ZBX 测试	243
10.2.29.	ACRT 测试	244
10.2.30.	DCRT 测试	245
10.2.31.	ACVB 测试	246
10.2.32.	DCVB 测试	247
10.2.33.	PWRF 测试	248
103.	接口规格	249
10.3.1.	Server 接口	249
10.3.2.	Auxiliary 接口	250
10.3.3.	Remote 接口	251
10.3.4.	Peripheral 接口	253
10.3.5.	Safety Interlock	254
10.3.6.	User 接口	255

10.3.7.	Ethernet 接口	257
10.3.8.	前面和背面的 USB 'A' 接口	257
10.3.9.	USB 'B' 接口	257
104.	环境条件	258
105.	外观尺寸	259
106.	EMCCompliance	260
10.6.1.	一致性声明	260
11.	保养与维修	261
11.1.	空气过滤器	261
11.1.1.	拆卸右侧面板	261
11.1.2.	拆卸空气过滤器	262
112.	测试探针	262
113.	电源线	262
114.	清洁	262
12.	保修与服务	263
121.	保修信息	263
12.1.1.	售后保修约定	263
122.	服务和校准	264
123.	配件	265
13.	测试治具	267
131.	介绍	267
132.	Voltech 治具系统	268
13.2.1.	治具系统的描述	268
13.2.2.	兼容的连接类型	269
133.	Voltech 40 孔治具板	269
134.	治具连接 – Kelvin 连接	270
135.	补偿	272
13.5.1.	补偿概述 – 可用测试	273
13.5.2.	设备需要	274
136.	附注	276
13.6.1.	谨防高压	276
13.6.2.	开尔文连接	277
13.6.3.	机械故障	277
13.6.4.	清洁测试销	277
14.	AT Editor	279
141.	Firmware 升级	280
142.	自检	282
143.	自定义测试	284
15.	AT Server	285
16.	手册, 软件, Firmware – 修改日志	286
161.	AT5600 用户手册	287
162.	AT5600Firmware	289

1. 介绍

本章节为 AT5600 绕线元件测试仪的介绍性章节。

本用户手册详细描述了 Voltech AT5600 绕线元件测试仪的操作。请您仔细阅读本介绍性章节，这将有助于快速并安全地设置产品。并且通过介绍它所有特性和功能，您可以来最大限度地使用 AT5600。

1.1. AT5600 的新特征

AT5600是Voltech最新推出的AT绕线元件测试仪。

新特征包括：

- 2倍的测试速度，大大提高了成产率
- 以太网接口
 - 用于网络服务器通讯
 - 无线应用
- USB 接口
 - 用于简单的程序编辑和打印
- 测量优化的准确性和速度
- 磁化电流快速稳定
- 审计测试（每X个产品运行指定的测试，X=2到99）
- 诊断测试（仅在主测试+审计测试失败时运行指定测试）
- 负载补偿

1.2. 如何使用本手册

下面的图标显示了本手册中，用于帮助识别应阅读理解的关键点。



重要的安全信息。
为确保作业员的人身安全，请阅读并理解所有的安全信息。



重要信息。
一般原理的解释。

任何信息如果有不清楚，请访问 **Voltech** 官网获取更多信息或直接联系我们。

1.3. 常规安全介绍

电气设备可能构成安全隐患。用户有责任确保安装符合任何现行的当地法律法规。

请由专业人员在阅读和理解使用手册后，才能安装本设备。
必须遵守以下操作说明。如有任何疑问，请与我们联系。



DANGER! ELECTRIC SHOCK RISK



警告： AT5600 必须安全可靠地接地。将附带的三插电源线接入三孔插座中。
在使用前，请确保电源线是完好无损的。



如需更换保险丝，请使用同一类型和等级的保险丝：2.0AT。

使用前，相关人员请做好安全用电的相关培训。



警告： AT5600 测试仪能产生致命的高压。安全锁扣与 Voltech 推荐的安全系统能确保设备运行安全。为保障人员安全，安全锁扣必须始终与 Voltech 推荐的安全系统正确地连接在一起。

本产品符合 EN61010-1、污染度 2、安装类别 II：仅供室内使用。
确保了仪器与用户在正常预防措施下的安全。

1.4. 包装内容

当您收到新的 AT5600，以下配件也将在包装箱内。

同时我们也给出了 Voltech 的零件号（VPN），便于您未来订购配件。

1 x 电源线	VPN 77-000
1 x USB 转USB-A 线缆	VPN 77-077
1 x RS232 Editor 线缆 - 9W-9W	VPN 77-015
1 x RS232 Server 线缆 - 9W-25W	VPN 77-016
1 x 网线 黄色 2米	VPN 77-060
1 x AT5600 触摸屏触控笔	VPN 53-440
1 x AT5600 屏幕保护套件（膜+防尘布）	VPN 100-128
1 x AT 系列安全锁扣接口	VPN 91-156
1 x 合格证书	
1 x 校准证书	
1 x AT5600 热循环测试证书	

当您第一次打开新的 AT5600 时，若有任何物品遗失，请立即与我们联系。

2. 系统概述

2.1. AT5600 是什么？

AT5600 是 Voltech 最新推出的 AT 系列绕线元件测试仪，其性能也得到了极大的改善。与早期的 ATi、AT3600，它们共享相同的治具系统、PC 软件，可同时使用同一测试程序并记录测试结果。这样，就实现了 AT 系列到 AT5600 的无缝迁移。



AT5600

2.2. AT5600 是用来干什么的？

您的 AT5600 是专为在生产或进货环境中对变压器和其他绕线元件进行快速、准确和可靠的测试而设计。但是，他是一种多功能的仪器，具有多种设置和使用方式。

请务必花时间阅读本节和下一节的概述，以了解产品的功能并在您的环境中充分利用 AT5600。

2.3. AT5600 的功能概述

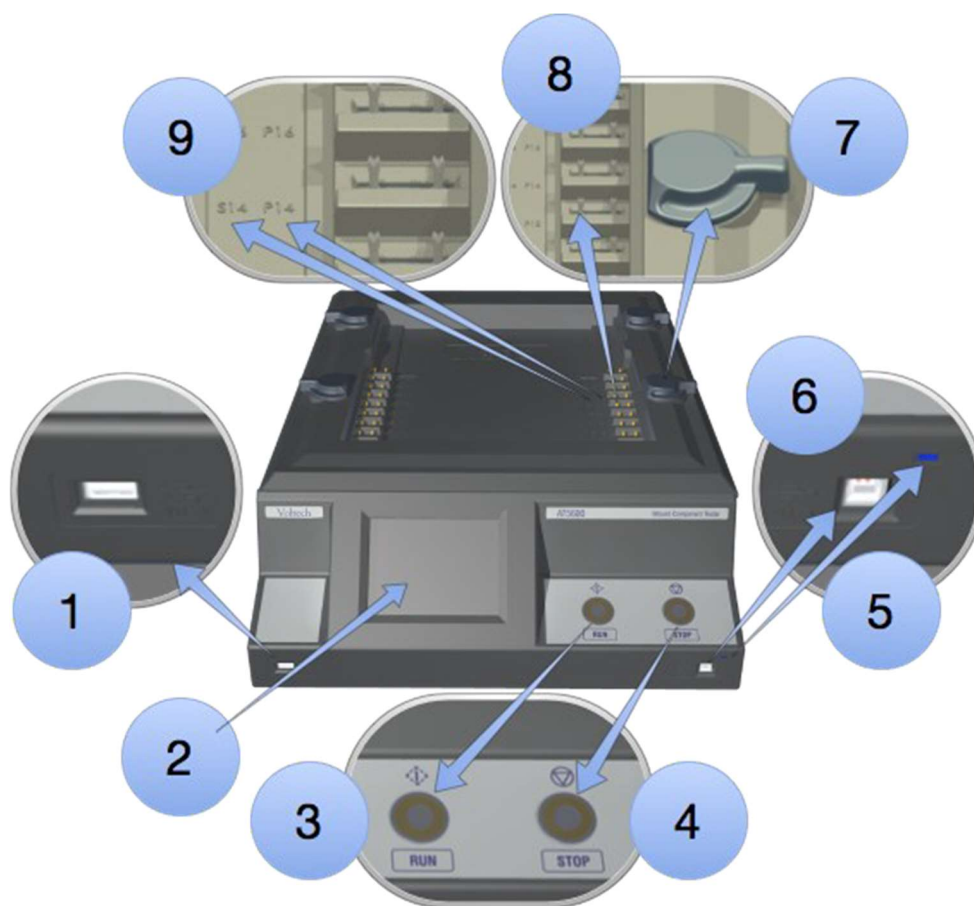
特征：	ATi	AT3600	AT5600
20路交换矩阵	✓	✓	✓
PC端编辑器软件和服务器软件	✓	✓	✓
治具系统	✓	✓	✓
小信号测试（例如：电感、电容）	✓	✓	✓
通讯测试（例如：回波损耗、纵向平衡）	✓	✓	✓
绝缘电阻	500V	7000V	7000V
耐压（交流）		5000V	5000V
耐压（直流）		7000V	7000V
层间绝缘		5000V	5000V
磁化电流，开路电压		270V	270V
功率，压迫功率		✓	✓
漏电流		✓	✓
Hi-pot Ramp (AC)		5000V	5000V
Hi-pot Ramp (DC)		7000V	7000V
以太网（网络通讯）			✓
USB端口（编辑器软件和打印机）			✓
测量优化的准度和精度			✓
快速稳定的磁化电流			✓
审计测试			✓
诊断测试			✓
负载补偿			✓

AT5600 有超过 35 种不同的测试项。

详情请登录网站：www.voltech.com。

通过购买设备软件的升级，绝大多数测试项都能在几分钟内安装完成。

2.4. 前面板概述



(1) 前置 **USB 'A'** 接口

该接口用于连接 Epson TM-T88V USB 打印机，打印测试结果。

(2) 触摸显示屏

LCD 触摸彩屏为仪器的用户主界面。请勿用尖锐物品触碰。使用时请用您的手指或是触控笔触碰。

(3) **RUN** 按键和指示灯

按下此按键，开始测试。测试中，按键周围有一圈绿色的指示灯。

(4) **STOP** 按键和指示灯

按下此按键，停止运行的测试。测试被手动停止后，按键周围有一圈红色的指示灯。

(5) 电源指示灯

打开仪器的电源开关，指示灯亮。

(6) USB ‘B’ 接口

该接口连接电脑，用于控制仪器。（通常用于 PC 端的 Editor 软件。关于如何在您的电脑上安装 USB 驱动，请参阅第 14.2.2 章。

(7) 锁定旋钮

用于在测试时，固定测试治具。

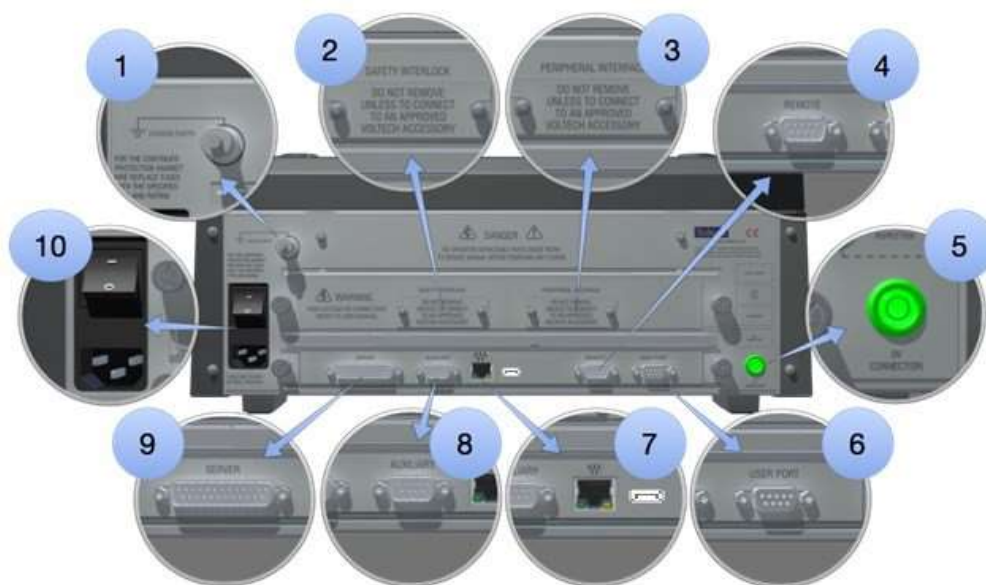
(8) 弹簧探针

40个弹簧探针用于与测试治具的每个节点建立电气接连。每个节点都包含2个弹簧探针，从而实现四线（开尔文）测量。

(9) Sense 及 Power 连接

二十个节点中的每个节点都具有sense和power连接。这些标识都印在测试托架上，以便于识别。独立的sense和power连接，允许四线（开尔文）连接到被测产品，因此测量中削弱了测试治具的部分。

2.5. 背面板概述



(1) 接地柱

与其他电源没有接地的设备连接在一起，接地柱连接其他设备的机壳。本设备必须接地。



(2) 安全接口

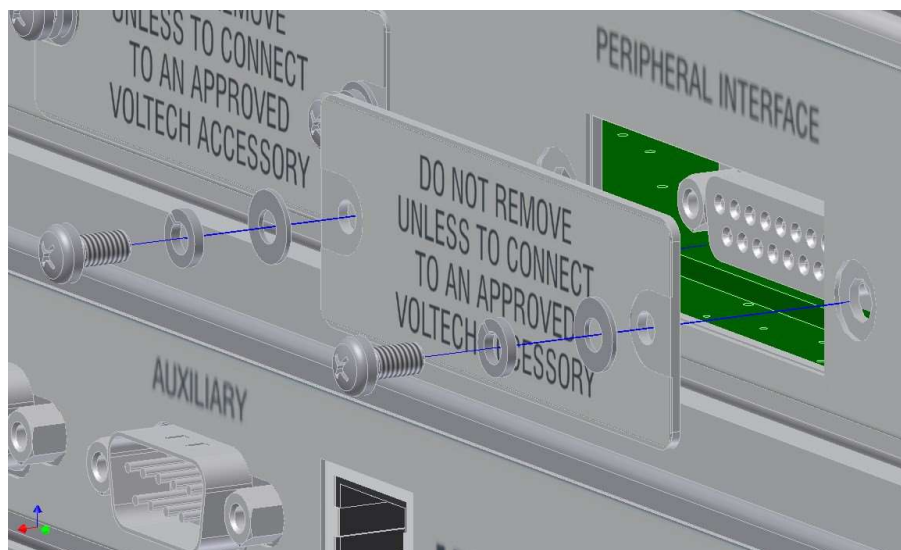
盖板用于保护该接口。该接口需连接到一个安全保护装置，例如光幕。当两者的连接断开时，AT5600 则无法产生任何危险电压。可能存在（ $\leq 400\text{Vpk}$ ）的高压。请参阅章节第 6 章 安全系统。使用该接口前，请先使用螺丝刀卸下盖板，如下图所示。



(3) 外围接口

盖板用于保护该接口。该接口需连接到 Voltech 配件。可能存在（ $\leq 400\text{Vpk}$ ）的高压。请参阅第 10.3.4 章 外围设备接口。使用该接口前，请先使用螺丝刀卸下盖板，如下图所示。

拆卸或安装盖板

**(4) 远程控制接口**

该接口用于向 AT5600 发出电信号并控制 AT5600，从而实现外部指示（Running/Pass/Fail）以及输入控制（Run/Stop）。更多信息，详见第10.3.3 章。

(5) 接地座（0V）

它是AT5600 的 0V 电位端，通常用于连接需要参考电位的外围设备。这是一个 4mm 的香蕉插座。该插座不可用于AT5600 的接地。

(6) 用户接口

该接口作为开方式输出，可以用作电子开关，控制额外的继电器或其他设备。更多信息，详见第10.3.6 章以及第7.26章。

(7) 后置USB ‘A’ 接口以及以太网网口

该接口与 USB Epson TM-T88V 打印机连接，用于打印测试结果。

网络接口以网络连接的方式，通过 TCP/IP 协议与 AT5600 通讯。建议使用这种方法，与 Voltech AT 系列服务器软件进行通讯。

(8) 辅助接口

该接口为 RS232 串口，用于连接外围设备或运行 Voltech AT 系列编辑器软件。

(9) 服务器接口

该接口为 RS232 串口，用于运行 Voltech AT 系列服务器软件。该接口为以前到连接服务器软件的方式，现在的 AT5600 已经替代了 AT3600 或 ATi。

(10) 电源开关

打开电源开关，设备上电。关闭电源开关时，设备没有电。使用随附的电源线，连接设备和电源插座，电源插座的电流应大于 3A，额定电压大于等于电源电压。设备电源开关中有两个保险丝，必要时必须始终更换相同类型和额定值的保险丝（2.0AT 5X20 ANTISURGE）。

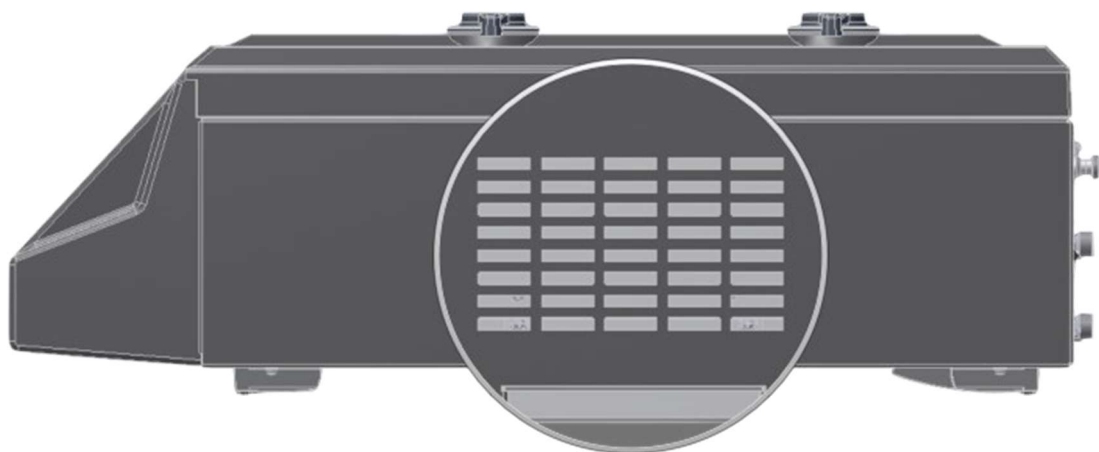
2.6. 循环气流

AT5600 的两侧都有通风孔，从而实现仪器内部与外部气流的循环，保持仪器内部凉爽。

请勿阻塞这些通风孔。

请勿在仪器通风孔 50mm 的范围内放置任何东西。

侧孔



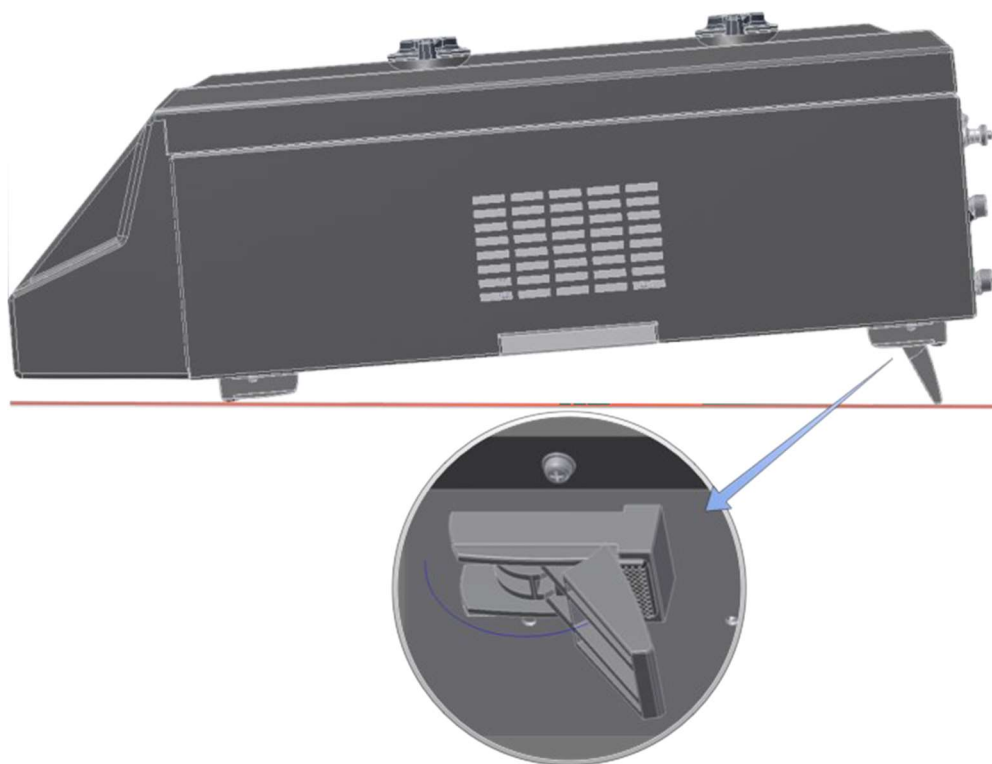
若通风孔阻塞，AT过热，并显示温度过高的警告消息。
若空气过滤器堵塞，也会显示此消息。

更多信息，详见第 11.1章。

2.7. 倾斜脚垫

若想要让坐着的作业员能看清上面版上的测试针，或是想要 AT5600 拥有和 AT3600 一样的倾斜度，仪器后脚垫倾斜。

倾斜脚垫



2.8. 移动/搬运槽



两侧通风孔下方都有一个搬运槽。移动前，请务必取下所有治具和配件。

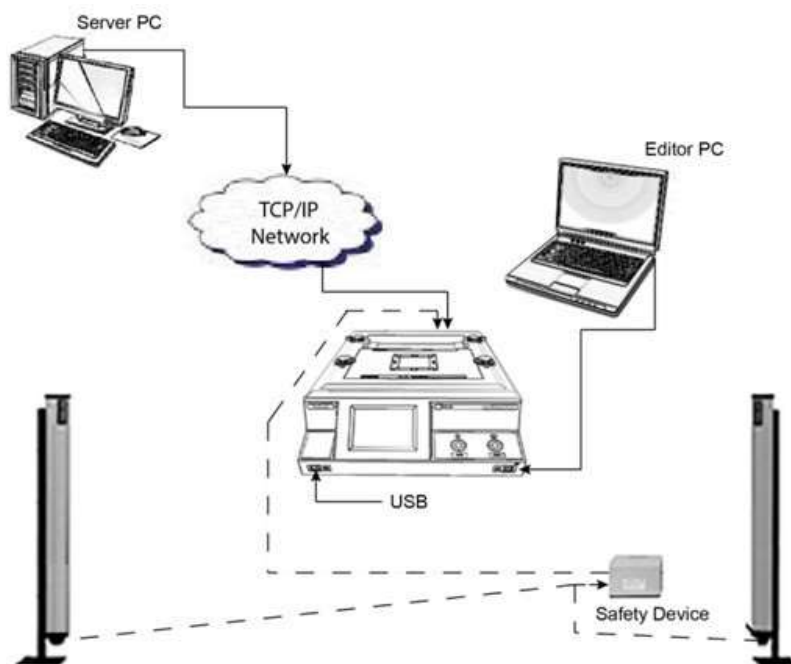
搬运时，从设备的后方（减少与身体的距离）抬起，尽量每只手的手指都放在槽里。

始终遵循良好的人员操作规范。确保人身的健康与安全，然后再移动/搬运。

搬运须知，设备的重量为19 Kg。

更多信息，详见第10.5章。

2.9. 经典安装范例



2.9.1. Server PC – 管理测试结果和测试程序

基于Windows 操作系统的服务器软件，使所有测试程序的管理变得很简单。

（详见第 15 章，AT 系列服务器软件）

2.9.2. Editor PC – 开发测试程序

- 基于Windows 操作系统的编辑器软件，简单、易用。
（详见第 14 章，AT 系列编辑器软件）
- 无需专业软件编程能力。
- 测试条件手动输入，或可通过测量变压器自动选择。
- 每个测试程序可添加 50 项测试。

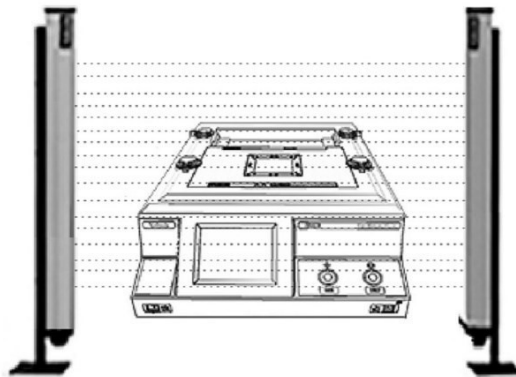
2.9.3. 测试治具

AT5600 的弹簧探针与被测产品之间，通过测试治具连接在一起。您可以通过购买标准治具套件，轻松制定，实现快速有效的连接。更多信息，详见第 13 章，测试治具。

2.9.4. 光幕（或其他安全装置）

为防止作业员在高压测试期间接触带电物品，安全设备是必不可少的。在 AT5600 的背面板上有一个安全接口。在进行任何高压测试之前，确保安全锁扣的正确连接。

如果是传统的人工作业，需要进行高压测试，则建议使用 Voltech 推荐的安全系统。光幕是利用红外光束，实现作业员的安全保障，同时，不会降低测试的吞吐量。



更多信息，详见第 6 章，安全系统。

3. AT5600 的使用

3.1. 使用概述

如何使用 AT5600 测产品，大致可以分为以下 5 步。

搭建一个测试治具。治具需要可靠地将产品连接到 AT5600。

创建一个测试程序。使用 AT Editor（编辑器软件）为产品编辑测试程序。

保存测试程序，方便以后 AT5600 调取。

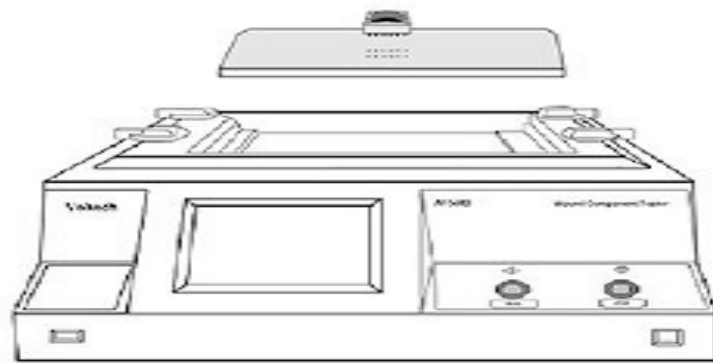
加载测试程序并运行。

保存并分析测试结果。

3.2. 测试治具

AT 系列测试仪有自己的测试治具系统，用于连接不同类型的产品。

1. 测试治具是安装在测试仪上表面的基础治具板上。
2. 整个测试系统是通过开尔文连接，实现对产品的最佳测量。
3. 测试治具系统能兼容不同类型的连接方式。例如，变压器的 PCB 式连接、飞线式连接。
4. 同一骨架的所有变压器，可以共用一个测试治具。



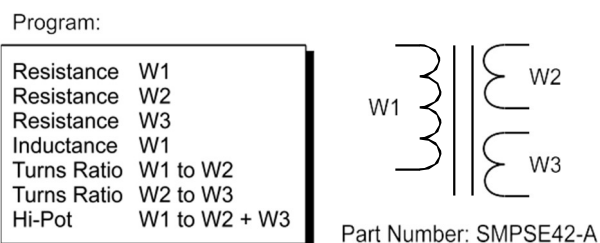
除了基础治具系统外，Voltech 的合作伙伴可以提供测试治具的定制。
更多信息，请访问 Voltech 官网：www.voltech.com。

更多关于 Voltech 治具系统的信息，详见第 13 章，测试治具。

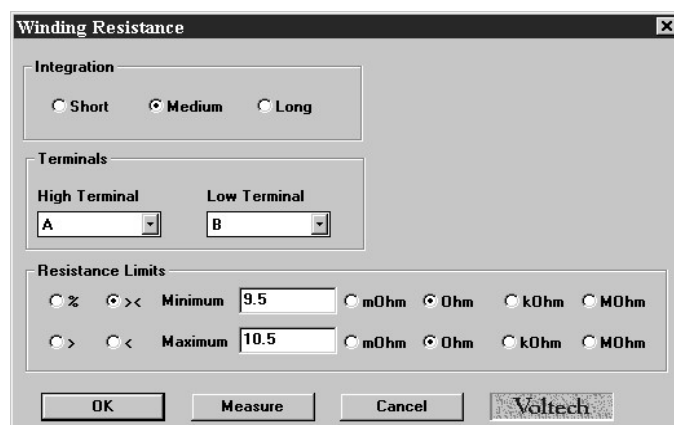
3.3. 创建测试程序 - AT Editor

作用于线圈元件的测试程序，实际上就是一个简单的测试列表。

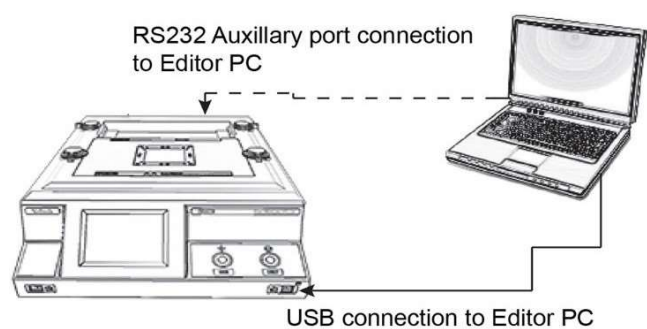
每个产品都有独立的测试程序。举个例子，测试一个三线圈的开关电源变压器，参考测试程序如下：



不需要任何编程技能，通过 AT5600 附带的测试程序编辑器，您可以简单而轻松的创建一个测试程序。在“**available tests**”列表下，选择您需要的测试项后，会弹出一个关于该项测试的对话框。您可以在对话框中输入相关信息，例如：变压器的测试端子、测量条件、测试结果的范围。



通常，您可以通过 USB 线连接编辑器软件与 AT5600 通讯，也可以通过与 AT5600 背面板上的“**Auxiliary**”接口与电脑上备用的 RS232 串口通讯。



然后，通过一些简单的控件，例如执行一些测试、设置限值等，来创建测试程序，并将程序下载到测试仪。程序存储在服务器上，便于日后调用。更多关于 AT Editor 编辑器软件的信息，详见第 14 章，AT 系列编辑器软件。

3.4. 利用编辑完的测试程序

您可以通过 AT Editor 软件（第 14 章）创建和评估每个测试程序。日常需要的测试程序在使用时，无需管理。只要在程序开发完成后，将程序保存在 AT Server 的程序目录中。通过 AT5600 的用户界面，这些程序就能被加载并运行了。

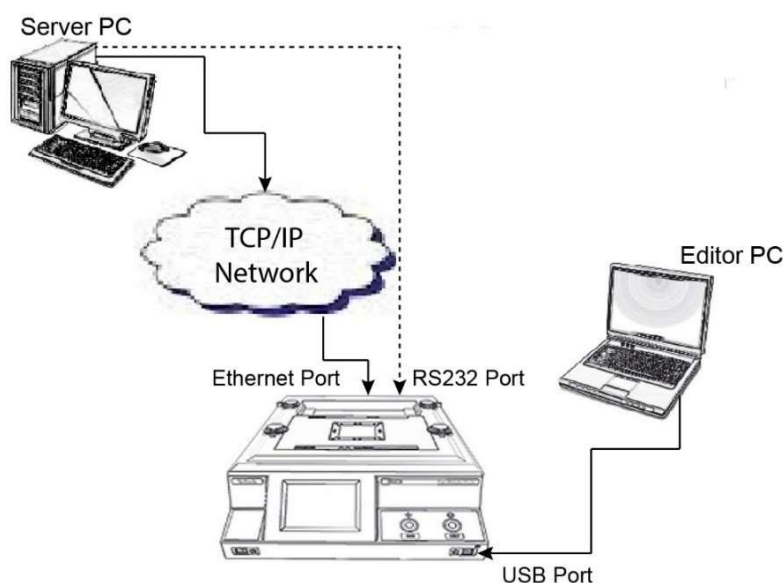
Editor 软件还可以通过 AT5600 将测试程序发送到服务器，或直接通过 Editor 软件将程序直接保存到服务器目录（通过网络或两个软件在同一电脑上）。

3.4.1. 程序保存到服务器

AT Server 服务器软件是 AT5600 常用的软件之一。通常，服务器软件安装在电脑上，并在 AT5600 工作时保持为常开，便于服务器软件将程序分发到 AT5600，并记录所有测试结果。

AT5600 的背面板上有一个“Server”接口，用于通过 RS232 通讯口连接到服务器。但是，我们更推荐采用 TCP/IP 网络连接的方式，连接电脑以及 AT5600。

服务器软件和编辑器软件安装在不同的电脑上

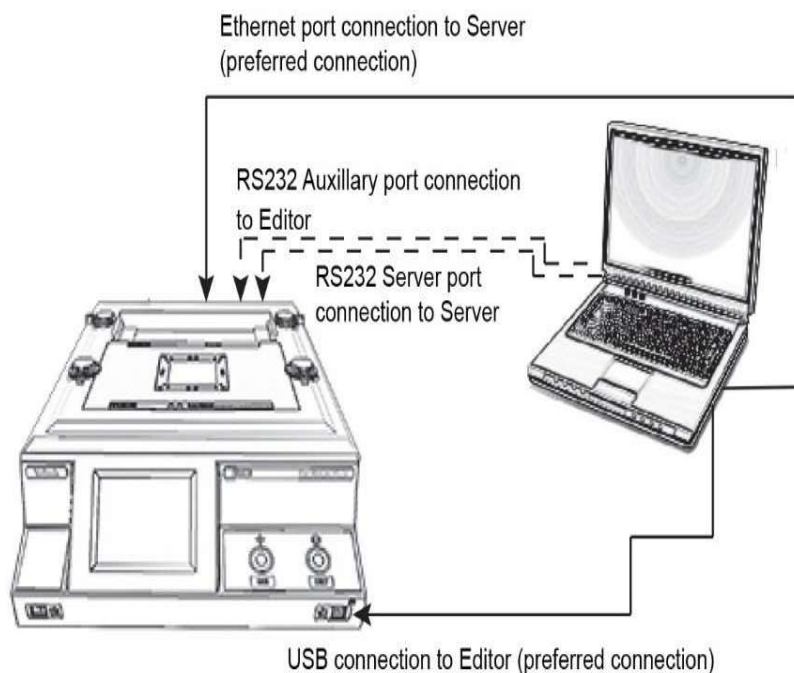


程序传送至服务器

将一个新的测试程序从安装在不同电脑上的编辑器软件传送到服务器软件，您可以通过以下任意一种方式：

- 直接用 U 盘拷贝或通过网络连接两台电脑传输。
- 通过电脑之间的网络连接，在编辑器软件中，选择 “ Save As ” 。

服务器软件和编辑器软件安装在同一台电脑上



若您的电脑同时安装了服务器软件和编辑器软件，建议将服务器软件的程序目录与编辑器软件的程序目录设置为同一文件夹。这样，编辑器软件和服务器软件就能立即使用所有测试程序。

3.5. 打印测试结果

AT5600 可以设置为每次程序运行结束后自动打印结果，并通过用户界面上的“PRINT”按钮打印测试结果，详见第 8 章。

您可以在服务器软件上为测试程序设置自动打印。有关如何设置自动打印，详见第 14.5.1 章，设置程序选项。

在 Epson TM-T88V 打印机上，所有打印测试都已经实现。这是一台非常高效的打印机，打印速度可达 300mm/s。

虽然其他型号的打印机也能使用，但 Voltech 只能保证 Epson TM-T88V 打印机的正常工作。

详见第 5.5 章，USB 打印机设置。您可以看到设置 Epson TM-T88V 打印机的详细说明。

3.5.1. 打印报告的格式

打印机的打印格式是输出简单字符，最大限度地提高打印速度。等宽的 ASCII 字体，让整个报告规范整洁。打印宽度为 56 个字符，并集中打印在报告上。

```

-----
|                               VOLTECH INSTRUMENTS                               | - Note 1
|                               AT5600 PART UNDER TEST REPORT                       |
|                                                                              |
|S/N:      100011200016                                           | - Note 2
|F/W:      0.007.053                                             | - Note 3
|OPERATOR: TEK                                                    | - Note 4
|BATCH:    015                                                    | - Note 5
|PART NUM: INDUCTOR                                              | - Note 6
|PART S/N: X00058                                                | - Note 7
|DATE:     18-DEC-16 10:34:43                                     | - Note 8
|RESULT:   *** FAIL ***                                          | - Note 10
-----

| ID  TYPE  MINIMUM  MAXIMUM  RESULT  P/F  |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1   R    80.00mΩ  100.0mΩ  90.66mΩ  P 0000 | - Note 9
| 2   LS   2.000uH   6.000uH   4.403uH   P 0000 |
| 3   QL   20.00    30.00    31.45     F 0000 |
|                               *** FAIL ***                               | - Note 10
-----

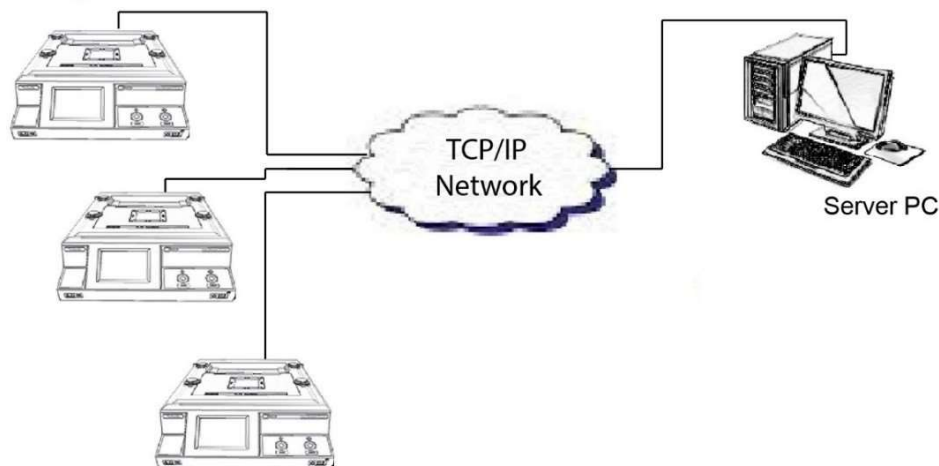
```

注释：

1. 报告标题。
2. 报告中显示 AT5600 的序列号。
3. AT5600 Firmware 固件的版本。
4. 人员工号，需要在批次号之前输入。如果无需输入人员工号的，请忽略这一行。
5. 批次号。如果无需输入批次号的，请忽略这一行。
6. 正在测试的产品编号。
7. 产品的序列号。如果无需输入序列号的，请忽略这一行。
8. 测试日期和时间（只有勾选 “ date and time on reports ” 才显示。有关设置选项，详见第 14.5.1 章。）
9. 程序中每项测试都显示一行测试结果。最后的数字为测试的状态码。
10. 整个测试结果为 PASS or FAIL 。

3.6. 推荐安装方式

Voltech 推荐：在您的生产工厂里，多台测试仪，与一台存放测试程序和测试结果的服务器 PC。



优点

- 便于存储和管理大量的测试程序（例如， >1000 ）。
- 便于测试结果的存储和管理。
- 便于将结果导入其他 Windows 应用程序进行分析。
- 网络上的服务器 PC 可以位于测试区域很远的地方，例如在主管的办公室、在其他需要的地方进行数据分析。
- 每台服务器 PC 最多可同时连接 8 台 AT 系列测试仪。

缺点

- 需要服务器 PC 永久连接并运行。这是为了测试仪能不间断地访问服务器，访问测试程序和存储测试结果。
- 通常，需要开发和评估新程序时，需要另一台电脑（可以是便携式的）连接到其中一台 AT 测试仪的 USB 口或是 Aux 口。
- .

3.7. 在生产测试中操作 AT5600

无论是传统的手工操作，还是自动化生产，AT5600 都非常适用。

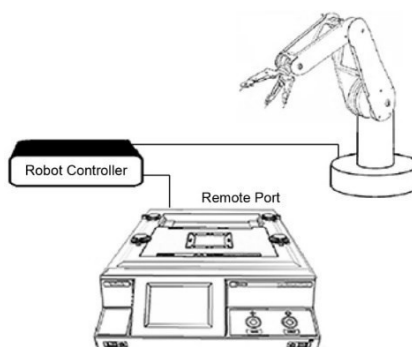
3.7.1. 传统方式操作



在传统的手工操作中，测试人员只要将测试仪放置在工作台上，并连接到运行服务器软件的电脑。

3.7.2. 自动化生产

在自动化操作中，测试仪的远程接口为控制系统提供信号。接口的更多信息，详见第 10.3.3 章。



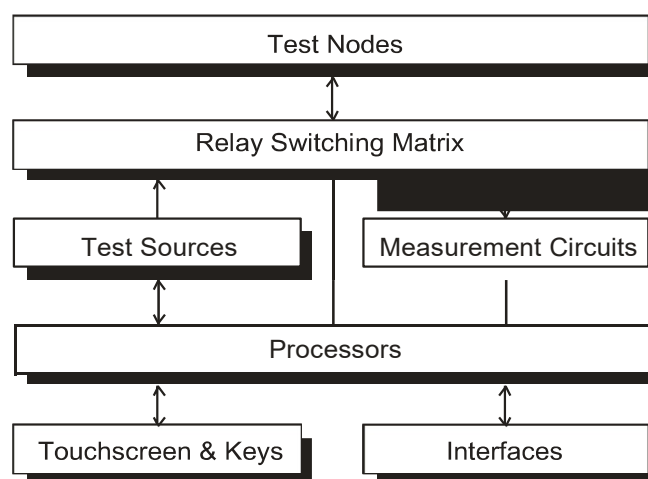
此时，AT5600 连接到服务器 PC，实现全面的统计过程——测试结果可用于调整和检查制造参数。

4. AT5600 功能概述

4.1. 内部功能模块

您不用去理解 AT5600 是如何工作的，但是却能帮助您了解它的性能以及它是如何解决测量问题的。

AT5600 测试仪的内部功能分布图如下：tester is summarized below:



您不必为了使用 AT5600 测试仪而去理解每个模块的功能。如果您想更多地了解测试仪，可以阅读以下各功能模块的介绍。

4.1.1. 测试节点

这些节点都是装有弹簧的 ATE 引脚，都可以在测试仪的表面看到。每个测试节点都有两个接触点——“power”引脚和“sense”引脚，形成开尔文对。

4.1.2. 继电器开关矩阵

继电器开关矩阵的作用是在测试中为测试节点连接测试所需的测试信号和测量电路。

此矩阵是 AT5600 的一个重要组成部分。它是由先进的高速、耐高压的干簧管继电器组成。它不仅可以在耐压测试中承受 7000V 的高压，也能在其他小电压和小电流的测试中准确地切换。

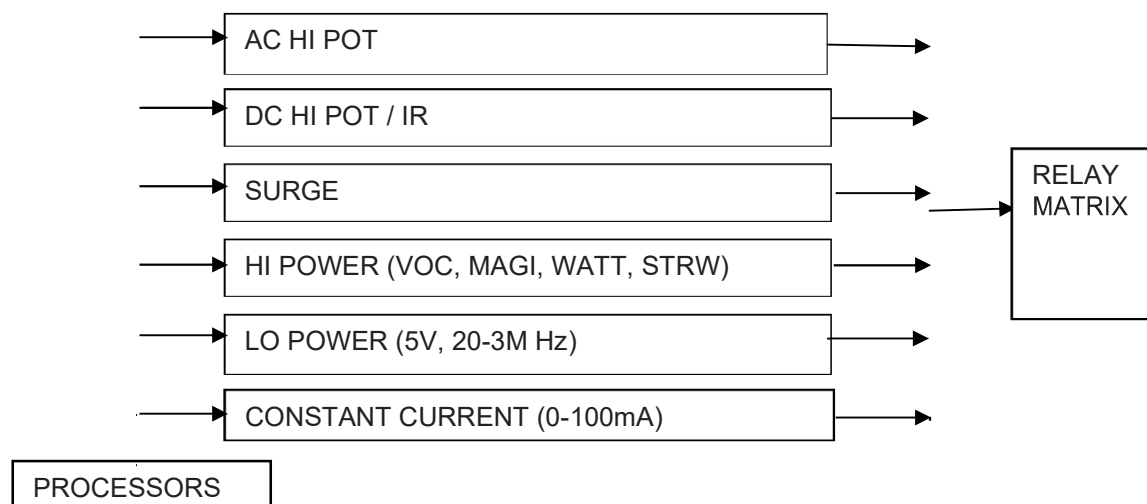
继电器的开关能准确控制处理器，避免了产生跨电弧从而保证了继电器的使用寿命，使继电器能够承受数百万次的开关操作。

4.1.3. 处理器

AT 系列测试仪的设计，都是基于双处理器：

- 一个标准的微处理器作为控制器，用于驱动继电器矩阵、键盘、显示器和其他各种接口。
- 一个快速的数字信号处理器，用来控制测试源和实现测量功能。

4.1.4. 测试源



在 AT5600 中，有六种不同的测试信号源。

在每个执行的测试，由处理器控制继电器矩阵，选择接入测试的信号源。

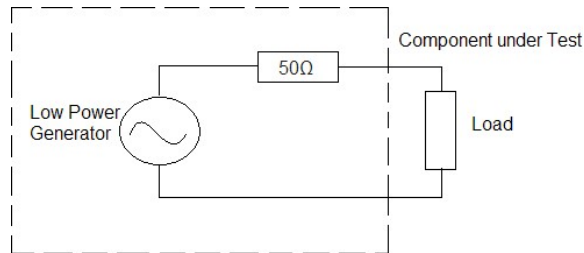
低功率发生器 – 50 Ohm 阻抗

低功率发生器能产生高达 5 V rms 且包含 50 Ohms 的阻抗源。

测试电压的限制

负载连接的信号源，决定了传输测试信号的大小。

$$V_{out} = V_{LPG} * [Z_{Load} / (Z_{Load} + R_{50\Omega})]$$



例如：“LS Test”测试一个阻抗为 500Ω 的元件，则最大的测试信号为：

$$V_{out} = 5V * [500 / (500 + 50)] = 4.55 V$$

测试电流的限制

小信号、理想负载下，测试电流最大为：

$$= V / R$$

$$= 5 \text{ Volts} / 50 \text{ Ohms}$$

$$= 100 \text{ mAmps}$$

由于测试的频率以及阻抗，测试电流将进一步受到限制。有关推荐的最佳测试条件，请参见第 7 章中的各测试部分，这将对测试电流最优化，从而给出可重复、最佳的读数。

4.1.5. 测量电路

AT5600 测试仪包含多种测试电路，可以执行以下所有测量：

- 电压：从小于 1mV 到大于 7000V
- 电流：从 nA 到 A
- 直流和谐波分析
- 均方值、平均值、瓦特和 VA 分析

同样，处理器在执行每个测试时会选择适合的测试。

4.1.6. 触摸屏和按键

测试仪的前面板由一个 LCD 彩色液晶触摸显示屏、一个 RUN 按键和一个 STOP 按键组成。

为了实现最大的通用性和易用性，触摸屏菜单系统基于“软键盘”，软键位于显示屏右侧。在使用过程中，显示屏显示这些键的功能，允许它们在不同界面有不同的变化，这样方便操作员只能看到与当前状态有关的选项。

在主显示区显示的是给操作员的指令。意味着该做什么、有哪些选项可用、包括 RUN 和 STOP 按键的功能。通常，RUN 和 STOP 按键都是活动的，常用于开始测试，以及在测试过程中停止。

4.1.7. 接口

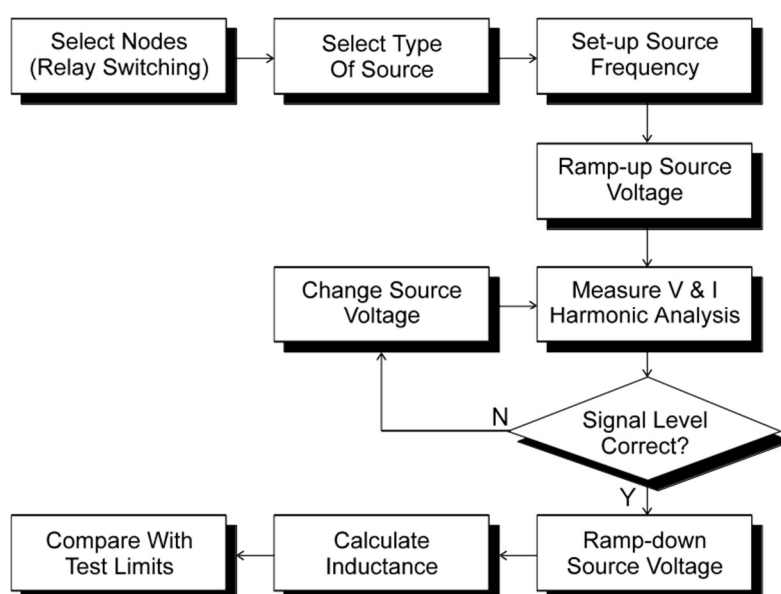
AT5600 的接口包括：USB 接口、以太网接口、远程控制接口、用户接口、辅助接口和服务器接口。这些接口完整的信息见第 10.3 章。

4.2. AT5600 测试仪是如何运行测试的？

编写每个测试是需要很高的编程能力，但是，您并不需要了解测试仪是如何执行测试的细节。不过，也会有部分用户对此比较感兴趣，因此这里将做一个简单的说明。

当测试程序下载到测试仪后，每个独立的测试项将被编译成一个有序的操作过程，包括 4.1-1 功能模块图中罗列的部分。对不同的测试程序，各个功能模块的组合顺序是不一样的。在某些情况下，功能模块的顺序取决于程序中前面的测试项和后面的测试项；但是任何情况下，它都能最大限度的提高测量地速度和精度。

例如，电感测量的顺序可以总结如下：



对于其他测试而言，顺序也许要更加复杂。

注意：在选择测试信号源接通前，所有的继电器都已经完成了切换动作；这将确保继电器不会发生电弧反应，从而延长及继电器的使用寿命。

与一些 LCR 桥型电路相比，AT 系列测试仪对测试源进行调整，以提供用户编程的测试条件。这将保证同样的测试条件，适用于使用相同测试程序的所有变压器。

在该项测试结束的时候，测试源会自动地平稳下降到安全范围，待信号源消失后，继电器将安全地切换到下一项测试。

5. 开始

5.1. AT5600 的安装

请将测试仪放置在合适的位置使用。
有关安装需求的概述，详见第 2.9 章，经典安装范例。

在确定具体的放置位置前，一定要先参考第 6 章，安全系统。这一章主旨是保护操作人员，避免操作人员在高压测试时接触产品上可能存在的高压。

打开电脑的电源。

确保测试仪的上表面没有安装任何治具，同时没有任何东西接触测试针。然后连接测试仪的电源线，并打开电源开关。

请确保电源线连接到带有安全接地的插座中。

使用 **AT5600** 之前，必须正确连接安全锁扣，详见第 6 章，安全系统。

与任何测量设备一样，该设备在开机后需热机至少 **30** 分钟，然后自检，以确保设备达到最佳状态。

5.2. 安装编辑器软件

如何安装编辑器软件，详见第 14.2 章“安装编辑器软件”，并按第 14.3.3 章 配置通讯端口以控制 AT5600。

5.3. 安装服务器软件

通常，服务器软件安装在与编辑器软件不同的电脑上。装有服务器软件的电脑需要永久地与 AT5600 连接，才能将程序下载并保存测试结果。

参考第 15.3 章 首次启动。

首先要安装并运行服务器软件，才能使用快速入门教程中的服务器功能。

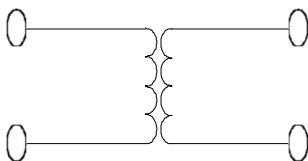
5.4. 快速入门教程

在安装好第 5.2 章中的 AT5600 编辑器软和第 5.3 章中的 AT5600 服务器软件后，您可以根据本教程熟悉系统操作。

本教程的目的时为了让您熟悉使用编辑器软件来创建原理图和测试程序。创建好的测试程序，只有安装了该项测试，测试仪才能运行测试程序。

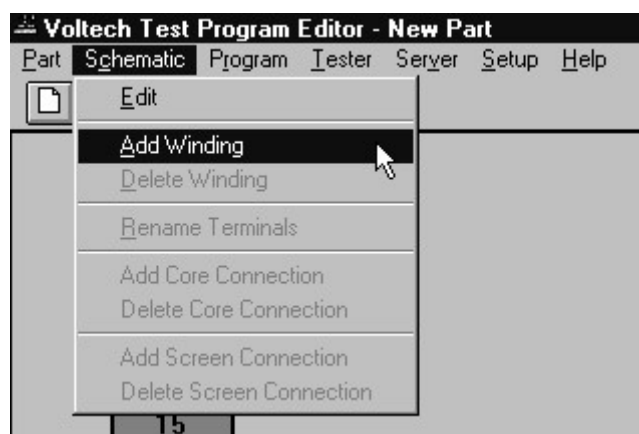
5.4.1. 创建一个简单的原理图

本教程介绍了如何设置测试仪测试一个双绕组变压器的方法，该变压器具有以下特性：



线圈 AB 之间的电阻	59-73
OHMS 线圈 CD 之间的电阻	59-73
OHMS 线圈 AB 之间的电感	>3H
AB 与 CD 之间的圈比	1:1 +- 2%

鼠标左键双击编辑器图标，打开软件。首先“画”一个测试变压器的图。



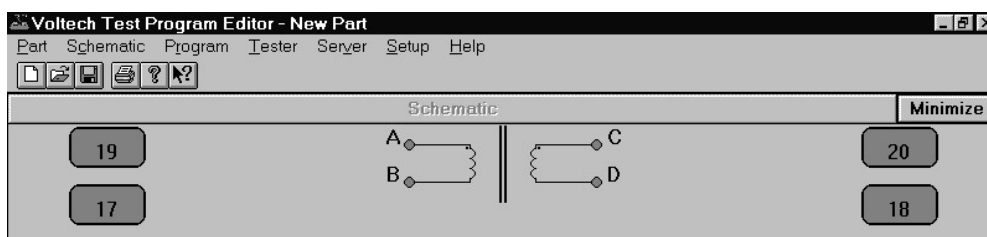
1. 选择顶级菜单上的“Schematic”，然后选择“Add Winding”。

您将看到鼠标下出现一个两个接线端的线圈。移动鼠标至屏幕的左侧，单击鼠标左键，该线圈将被放置在原理图的左侧。

- 接着，会弹出一个对话框，让你对线圈的两个接线端命名。光标默认出现在 **Terminal 1** 的输入框。请输入 **Terminal 1** 的名称（例如 “A”）。
- 按下 **TAB** 键可以移动到 **Terminal 2** 的输入框，或单击 **Terminal 2** 的输入框，输入第二个接线端的名称（例如 “B”）。然后选择 **OK** 或是直接按下键盘上的回车键 **[Enter]**。

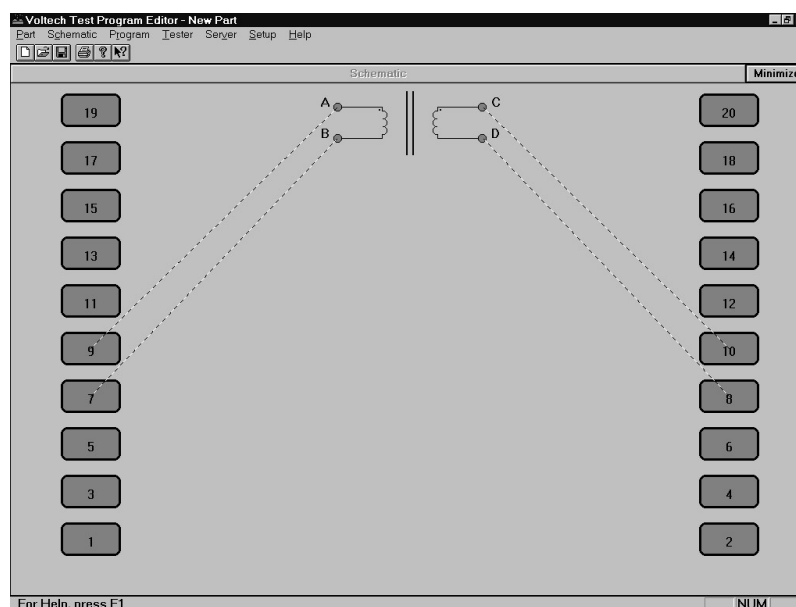
冲服步骤 1-3，创建第二个线圈。

这次把线圈放在屏幕的右侧，与第一个线圈对称，然后用不同的名称命名接线端（例如 “C” 和 “D”）。如下图所示：



现在，您可以将线圈连接到测试仪的测试节点上：

请将鼠标指针移动到接线端 A 上，然后一直按住鼠标右键并把鼠标指针拖到测试节点 9 上。然后松开。这时在接线端 A 与测试节点 9 之间会出现一条虚线。重复这个过程，连接接线端 B、C、D 与测试节点 7、10、8。现在原理图如下所示：



此时，您已经创建了一个 4 接线端变压器的原理图。

5.4.2. 创建测试程序

在搭建好变压器原理图后，您可以创建一个简单的测试程序，包含以下 4 项测试：

线圈 AB 的电阻 (1 mΩ to 209 mΩ)

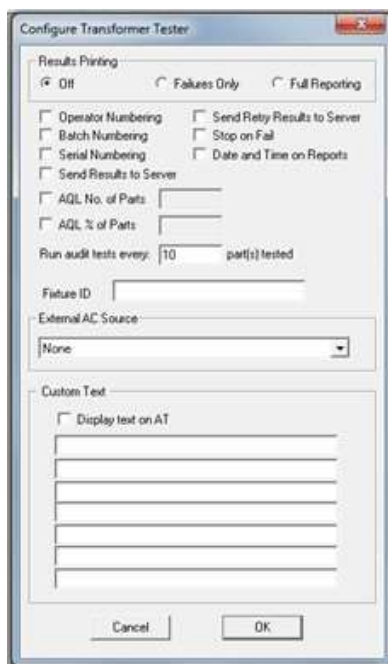
线圈 CD 的电阻 (171 mΩ to 209 mΩ)

线圈 AB 的电感 (>330 uH)

线圈 AB 与线圈 CD 的圈比(1:1 ± 2%)

1. 设置程序选项：

在菜单栏中依次选择：“ **Program** ” > “ **Options** ”
将会出现以下对话框：



使用鼠标左键，选择下面的选项：

“ **Send Results to Server** ”

在 Fixture ID 栏，输入名称：

“ **UNIVERSAL** ”

然后选择 “ **OK** ” 或是按回车键完成设置并关闭对话框。

2. 创建测试程序：

从 “ **Program** ” 栏中选择 “ **Edit** ”。

此时界面将由 3 个窗口组成：

左上角： 显示由两个线圈组成的原理图。

右侧： 您的 AT5600 上可用测试列表窗口。（不可用的测试项显示为灰色）。

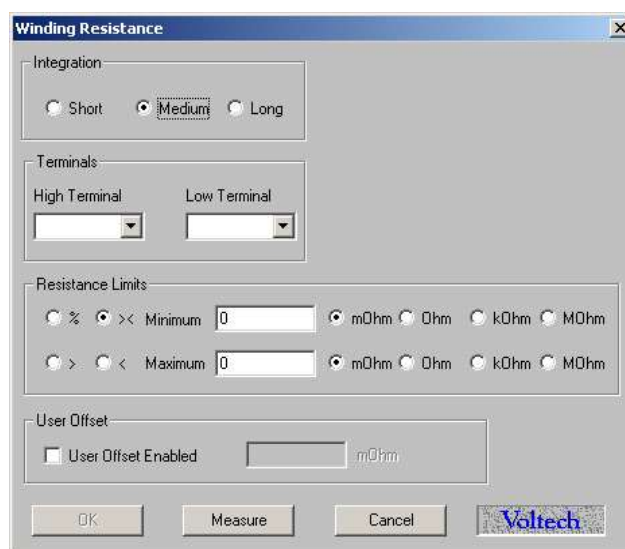
左下角： 程序窗口，显示迄今为止所有已编辑的测试。

该区域由3个选项卡：常规测试、审计测试和诊断测试。

- **General Tests** 常规测试
- **Audit Tests** 审计测试
- **Diagnostic Tests** 诊断测试

在左下角的窗口中，选择选项卡 “ **General Tests** ”。接下来，在 “ **Available Tests** ” 窗口。鼠标左键双击 “ **R Winding Resistance** ”。

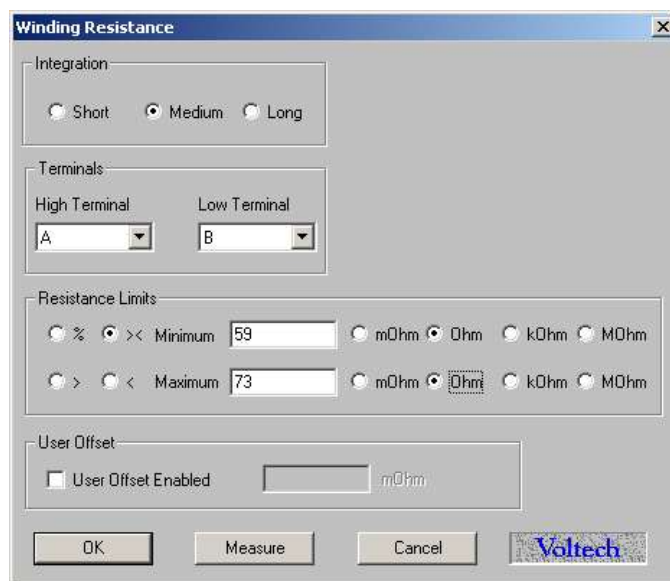
将会出现以下对话框：



输入接线端名称。在 **high terminal** 中输入 “ **A** ”，在 **low terminal** 中输入 “ **B** ”，可以使用 **TAB** 键切换输入框，或直接用鼠标选择所需的输入框。现在您可以输入电阻阻值的限制条件，它有四种方式：

- % 选择此按键，输入一个带有容差的数值（例如，190 mΩ 允许 10% 的误差）。
- >< 选择此按键，输入 **minimum and maximum values**（最小值和最大值。例如，171 mΩ 和 209 mΩ）。
- > 选择此按键，只输入一个 最小值（例如，> 171 mΩ）。
- < 选择此按键，只输入一个 最大值（例如，< 209 mΩ）。

在本例中，我们使用 >< 的方式：



（选择 “ Ohm ” 为单位。）

如需选择 “ User Offset Enabled ”，可以在此输入一个数值。输入的数值（根据所示单位）会被添加到任何从测试仪返回的结果中。这个功能可以用来对测试治具的测量效果进行调整。一般用作对测试治具的补偿以获得正确的测试读数。

选择 “ OK ” 按钮，该项测试及其参数将会出现在 “ Program ” 窗口。

```

1.  Winding Resistance
   Integration:  Medium
   High Terminal: A          Low Terminal: B
   User Offset: 0.0000 Ohms
   Minimum Value: 59.000 Ohms    Maximum Value: 73.000 Ohms
  
```

双击鼠标左键，从 “ Available Tests ” 窗口选择 “ R Winding Resistance ”，添加第二项测试。

在对话框中，像刚才那样输入第二个线圈的数据：

```

Integration   (默认 – Medium )
High terminal C
Low terminal  D
Minimum       20 mΩ
Maximum       171 mΩ
  
```

选择 “ OK ” 按钮。该项测试及其测试参数将出现在 “ Program ” 窗口。

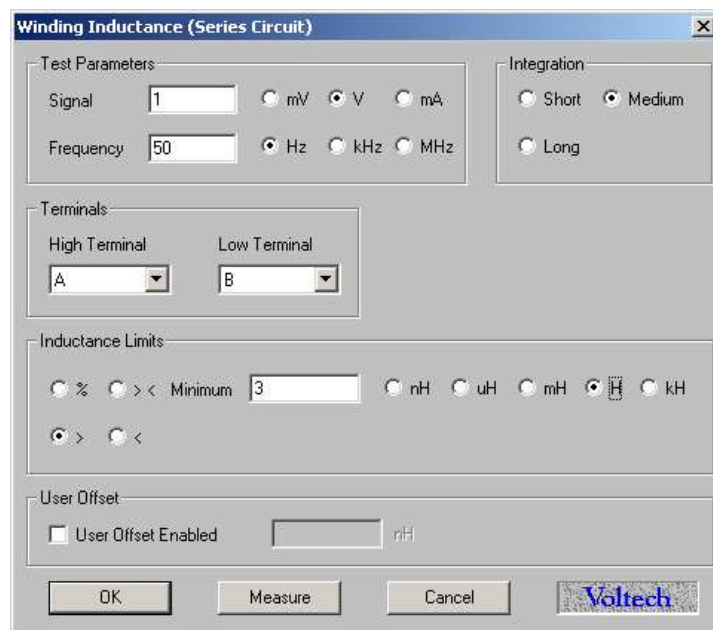
双击鼠标左键，从“ Available Tests ”窗口中选择“ LS Inductance (Series Circuit) ”。

在对话框中，输入电感测试所需的数据：

Signal **1V** （选择单位为 V）
 Frequency **50Hz**
 Integration （默认 - **Medium**）
 High terminal **A**
 Low terminal **B**

选择限制条件为最小值“ > ”，然后输入：

Minimum **330 uH**



选择“ OK ”按钮。该项测试及其测试参数将出现在“ Program ”窗口。

最后，双击鼠标左键，从“ Available Tests ”窗口中选择“ TR Turns Ratio ”。

在对话框中，输入圈比所需的数据：

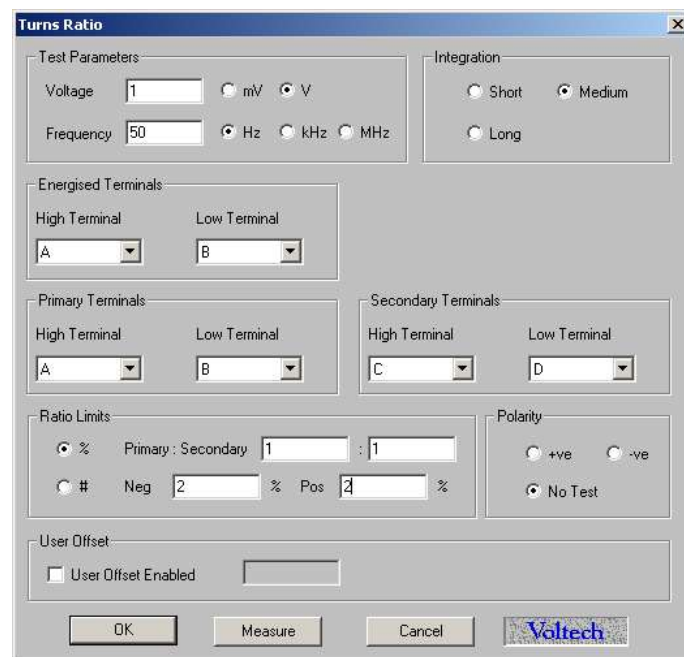
Voltage **1 V**
 Frequency **50 Hz**
 Integration （默认 – **Medium**）

AT 测试初级线圈与次级线圈的圈比，且通电线圈可以是存在的第三个通电线圈上应用的测试电压。在本例中，初级线圈和通电线圈是同一个：

Energized high terminal **A**
 Energized low terminal **B**
 Primary high terminal **A**
 Primary low terminal **B**
 Secondary high terminal **C**
 Secondary low terminal **D**

使用默认的限制条件“%”，输入：

Primary: Secondary **1:1**
 Neg **2%**
 Pos **2%**



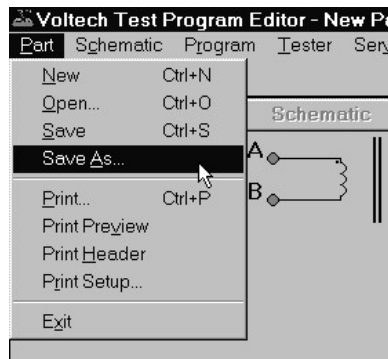
选择“OK”按钮。该项测试及其测试参数将出现在“Program”窗口。

此时，左下角窗口包含了完整的程序。窗口上的滚动条能让您依次查看列表中的程序是否正确。

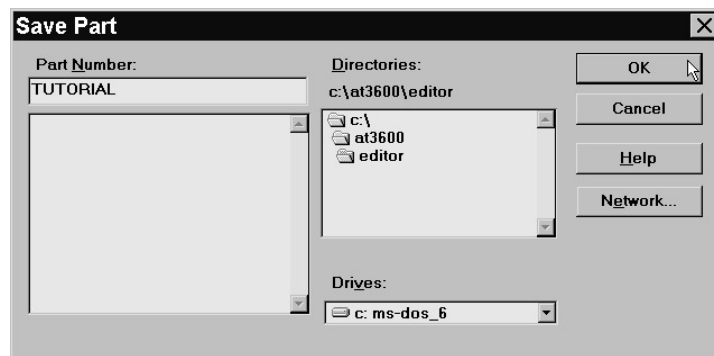
3. 保存程序

如果没有预先保存测试程序，编辑器软件不能在 AT 中运行程序。

在菜单栏选择 “Part ” > “ Save As ” 。



在对话框中，输入 TUTORIAL 作为程序名。选择 OK ，关闭对话框，并将程序保存在编辑器的默认文件夹中。

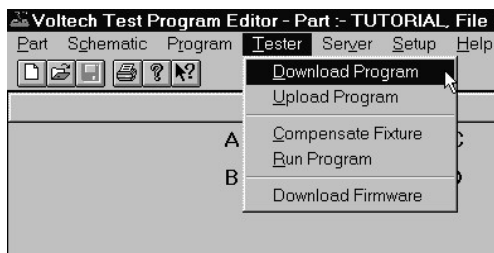


5.4.3. 从编辑器中运行程序

编写好测试程序后，编辑器软件可以控制您的 AT5600 运行测试程序。在进一步处理前，请确认 AT5600 的电源是打开状态，连接好通讯线且通讯端口已正确配置（见第 14.3.3 章）。

程序运行步骤：

1. 在菜单栏中选择 “**Tester**” > “**Download Program**”。



编辑器软件将程序下载到 AT5600。几秒后，您将看到下载成功的提示，
“The program download succeeded”。按下 OK，关闭弹窗。

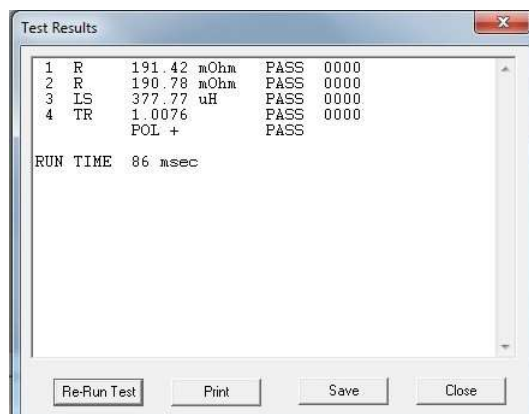
如果提示下载失败，请检查通讯端口的连接并重新尝试。如果还是提示下载失败，请重启电脑，再次尝试下载。

现在，编辑器软件可以运行程序了。

2. 在菜单栏中选择 “**Tester**” > “**Run Program**”。

现在开始运行测试程序。运行结束后，您将看到一个包含测试结果的对话框。

只要变压器是按原理图正确连接到节点 7、8、9、10 的，那么结果可能是：



如果没有放置变压器，那么结果是没有任何意义的，但是这意味着您已经正确配置了 **AT5600**，正确安装了 **AT** 编辑器软件。

测试结果窗口上有如下四个选项：

1. **Re-run** 再次运行测试
2. **Print** 打印测试结果
3. **Save** 保存测试数据
4. **Close** 关闭窗口

关闭窗口，回到主界面。

5.4.4. 程序保存至服务器软件

Voltech 服务器软件通用于每一台 AT5600。服务器软件是用来处理和存储测试结果的，尤其是处理大量不同的测试程序。

在我们使用编辑器软件创建、保存以及运行测试程序 TUTORIAL 后，您可以在 AT 系列测试仪上再运行一次，但这次我们使用的是服务器软件。将程序传输到服务器存档的过程，取决于服务器和编辑器的安装位置。

编辑器软件和服务器软件安装在不同 PC 上

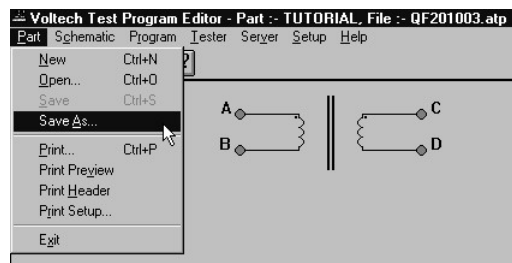
在多数情况下，编辑器软件和服务器软件会安装在不同的 PC 上（参见第 2.2.2 章）。对公司而言，通过网络驱动将程序保存到一个中央处理器，这种并不常见。

使用 Windows 资源管理器中的普通 Windows 剪切粘贴，可以轻松地将 *.ATP 文件从 PC 移动到网络驱动器。

编辑器软件和服务器软件安装在同一 PC 上

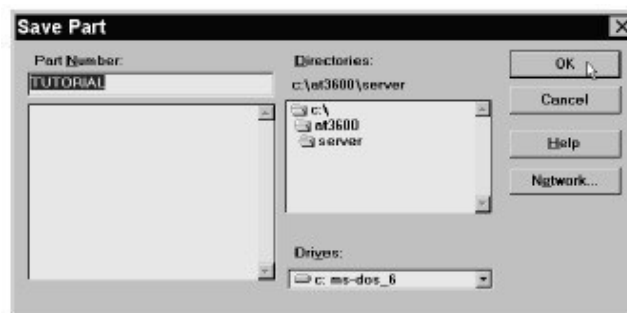
若是服务器软件和编辑器软件安装在同一 PC 上，传输测试程序最简单的方式，是利用编辑器软件中的 Save As 菜单：

从菜单中选择：“Part” > “Save As”



在对话框中，输入程序名 TUTORIAL，然后更改保存路径，将程序保存到 Server 的文件夹中。

例如：C:\AT5600\SERVER



选择 **OK** 按钮关闭对话框，并将程序保存到服务器软件的测试程序文件夹中。
(注意：AT SERVER 软件中是可以更改程序文件夹的，因此请检查 AT SERVER 软件中的程序文件夹。此处显示的实例只是默认文件夹。)

在 AT SERVER 上运行程序

下面将介绍 AT5600 测试仪通过服务器软件运行程序。

开始之前，如果服务器软件和编辑器软件使用的是同一电脑上同一 COM 口，那么您需要将编辑器软件上的 COM 口设为其他。

1. 通过选择菜单栏中的 “**Part**” > “**Exit**”，关闭编辑器软件。
 2. 双击服务器软件图标，打开程序。
 3. 为服务器软件配置 COM 口。
 4. 取下 AT Aux 接口与 PC COM 口的数据线。
 5. 连接 AT Server 端口与 PC COM 口的数据线。
1. 双击服务器图标，打开服务器软件。

选择菜单栏上的 “**Setup**” > “**Communications**”。此时将出现服务器通讯配置的对话框。



将电脑分配给服务器的 Com 口添加到 open channel 窗口，然后选择 **Close**。

2. 从服务器中加载程序。

详细的前面板操作，见第 8 章。

在 AT5600 的前面板上，顶级菜单中，选择 EXECUTE，将切换到如下界面：

Program Download	
28-353 STRESS SN15	28-354-3
28-353-SN06	28-354-3A
28-354-1	28-354-3TMP
28-354-2	28-354-4

▲

▼

ACCEPT

SYNC PARTS

CANCEL

1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Q	W	E	R	T	Y	U	I	O	P
A	S	D	F	G	H	J	K	L	←
-	Z	X	C	V	B	N	M	SPACE	

您可以从列表中选择测试程序，或是通过下方的软键盘在输入框中输入程序名。在我们的示例中，输入的程序名 **TUTORIAL**。

3. 运行测试。

将变压器连接到测试夹具上，按下按钮 **Run**。测试结束后，测试结果显示如下：

Program Execution	
Part Number:	TUTORIAL
Fixture:	UNIVERSAL
Serial:	100
Next Serial:	101
Batch:	JUNE 2018
Operator:	ME
The part has passed. Please fit the next component to test then press RUN to execute the program.	
Transformers tested:	
Total:	1
Failed:	0 (0.0%)
Test Status: Passed	

9 13

4. 查看测试结果。

选择界面上的 **RESULTS**，结果显示如下：

Results						
Id	Type	Minimum	Maximum	Result	P/F	Error
1	MAGI	10.00mA	100.0mA	74.28mA	P	0000
2	VOC	26.40 V	27.40 V	26.82 V	P	0000
			POL+	POL+	P	
3	WATT	3.000 W	5.000 W	4.024 W	P	0000
4	STRW	-----	5.000 W	4.023 W	P	0000
5	R	30.60 Ω	37.40 Ω	34.69 Ω	P	0000
6	R	30.60 Ω	37.40 Ω	35.27 Ω	P	0000
7	R	-----	700.0m Ω	573.3m Ω	P	0000
8	R	-----	700.0m Ω	578.7m Ω	P	0000
9	VOC	13.30 V	14.70 V	14.03 V	P	0000
			POL+	POL+	P	
10	VOC	13.30 V	14.70 V	14.03 V	P	0000
			POL+	POL+	P	
11	VOC	109.3 V	120.7 V	115.3 V	P	0000
			POL+	POL+	P	
12	MAGI	-----	10.00mA	3.760mA	P	0000
13	IR	50.00M Ω	-----	16.38G Ω	P	0000
14	HPAC	-----	5.000mA	820.4uA	P	0000

9 14

5.5. USB 打印机设置

您可以配置 AT5600，每次程序运行结束时自动打印测试结果。

使用编辑器软件，将自动打印设置未测试程序的一部分。

Epson TM-T88V 打印机在设置为 USB Printer Class mode 模式，才能配合 AT5600 正常工作。

关于如何设置 Epson TM-T88V 打印机配合 AT5600 使用的步骤说明如下。

1. 合上 Epson 打印机的纸卷盖子。
2. 按下 Feed 按键，打开打印机。此时将打印测试状态。
3. 打印完成后，Paper LED 闪烁，此时打印机处于设置模式。

4. 按住 Feed 按钮 1s 以上。打印机进入 Mode Selection 模式。打印机将打印以下内容。

Mode Selection

Modes

- 0: Exit and Reboot Printer
- 1: NV Graphics Information
- 2: Receipt Enhancement Information
- 3: Customize Value Settings
- 4 or more: None

Select Modes by executing following procedure.

- step 1. Press the Feed button less than 1 second as many times as the selected mode number.
- step 2. Press Feed button for 1 second or more.

5. 连续 3 次按下 Feed 按钮，每次 1s 以内，进入 Mode 3. Customize Value Settings。然后按住 Feed 按钮 1s 以上，打印机将打印以下内容。

Customize Value Settings

Modes

- 0: Exit
- 1: Print Current Setting
- 2: Print Density
- 3: Baud Rate
- 4: Automatic Paper Reduction
- 5: Auto Paper Feed & Cut at Cover Close
- 6: Paper Width
- 8: Default Character
- 9: Embedded Font Replacement
- 10: Interface Selection
- 11: USB Interface Settings
- 12: Power Supply Output
- 13: Printing Speed
- 14: Other Settings

Select Modes by executing following procedure.

- step 1. Press the Feed button less than 1 second as many times as the selected mode number.
- step 2. Press Feed button for 1 second or more.

6. 连续 11 次按下 **Feed** 按键，每次 1s 以内，进入 **Mode 11. USB Interface Settings**。然后按住 **Feed** 按键 1s 以上，打印机将打印以下内容。

```
11. USB Interface Settings

Modes
  0: Return to the previous menu
  1: Class
```

7. 按下 **Feed** 按键 1s 以内，进入 **Mode 11.1. Class**。然后按住 **Feed** 按键 1s 以上，打印机将打印以下内容。

```
11. USB Interface Settings
11.1. Class

Modes
  0: Return to the previous menu
]  1: Vendor Class
*  2: Printer Class

] means default value
* means current set value
```

8. 连续 2 次按下 **Feed** 按键，每次 1s 以内，进入打印机 **Printer Class**。然后按住 **Feed** 按键 1s 以上，打印机将打印以下内容。

```
11. USB Interface Settings
11.1. Class
Printer Class

Saved. You can turn off the Printer
```

9. 此时，打印机已设置完成。关闭打印机。现在，打印机可以正常使用了。
10. 将打印机连接到 AT5600 前面或后面的 USB-A 口。如果打印机配置正确，在 AT5600 显示屏的左下角显示打印机图标。如下所示。



5.6. 条形码阅读器设置

此项功能须在 FIRMWARE v1.002.000 及以上。

AT5600 现在支持 USB 条形码阅读器。

这种方式简化了将 AT 测试结果记录到特定序列号转换的过程，最大可能地为您提供结果的可追溯性。

条形码阅读器可用于输入一下任何数据，代替常规的触摸输入。

```
Program
Name
Operator
Name Batch
Number
Serial number (initial serial and after every test run)
```

当然，您仍然可以触摸输入上述数据。

条形码阅读器无需外接电源，只要连接到 AT5600 前面或背面的 USB-A 口就可以工作。

请记住，记录批次号、人员工号和序列号，是每个测试程序 (*.ATP) 的选择。因此是在程序中选择是否需要，然后才能记录在结果中。

AT5600 支持哪些品牌的条形码阅读器？

Voltech 推荐的是 Honeywell Hyperion 1300G Barcode reader。

<https://www.honeywellaidc.com/en-GB/products/barcode-scanners/general-duty/hyperion-1300g>

由于不同品牌之间的细微差异，虽然其他 HID 条形码阅读器也可以正常工作但我们不能保证完全兼容。

条形码阅读器设置

将 USB 条形码阅读器连接到 USB-A 口。

AT5600 前面或是后面的接口都可以连接。

最开始连接时，AT5600 检测到条形码阅读器并在显示屏上显示一个条形码。

然后，使用您的条形码阅读器扫描该条形码，为条形码阅读器重新配置为最佳设置。

这与参考 Honeywell 用户手册将条形码阅读器设为 USB HID POS 设置相同。

HID 键盘

由于我们在通信上实现使用标准 HDI（人机界面设备）协议，新的固件还支持使用符合 HID 的 USB 键盘。

如果您不想使用条形码阅读器，也可以使用 HID USB 键盘。
现在的电脑都支持此键盘。

与条形码阅读器一样，连接成功以后，您可以使用 USB 键盘或是触摸屏输入文本。

详见手册更新的部分。

8.1.14 状态栏图标

8.1.6.2+3+4+6 哪边可以用到条形码阅读器输入的说明

6. 安全系统

6.1. 介绍

AT5600 上的很多测试都可以产生危险的高压，除非采取适当的安全措施，不然很可能造成操作人员受伤。

考虑到这一点，AT5600 的背面板以及一些配件上都设计有一个安全锁的接口，这些安全接口在它们各自的手册中都有说明。

安全锁的接口有 3 个安全互锁信号，如果这 3 个信号没有被全部连接，仪器将不会运行任何测试。

因为 AT 测试仪工作环境的不同，安装的安全系统也有很大的差异。例如，在一个全自动生产线，测试仪可以放置在一个封闭的区域，安全开关可以安装在门上。

对于传统的手工生产，安全系统可以是一个物理屏障。例如，一个装有安全锁开关的“盖子”。然而，打开或闭关此屏障将降低测试速度，降低产品的吞吐量，显然这是不可接受的。

6.2. 推荐的安全系统

AT5600 在生产测试中会产生危险的高压。

为了实现最佳的安全性、易用性和测试速度，在日常生产测试中，Voltech 推荐使用安全光幕作为 AT5600 的安全系统。

该安全系统采用红外线光幕，在操作人员与被测变压器上的危险高压之间形成一道保护屏障。

在 AT5600 的前面放置光幕，光幕屏障的宽度要远远超出测试仪的宽度。此时，操作人员放置或是卸下测试变压器时，操作人员将不会受到阻碍。

6.2.1. Banner 光幕系统的说明

您可以直接从 Banner Engineering 公司直接购买光幕。

但是整个解决方案，需要在购买光幕以后，还需要增加一根 Voltech 提供的数据线（250-030）。

这种解决方案没有通过 CE 标志，因此某些国家/地区可能不适用。

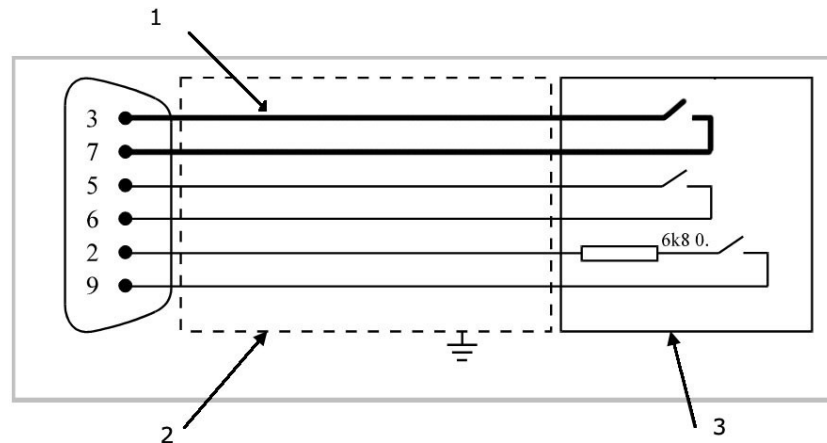
相关信息，详见用户手册。

98-121 Safety Interlock Cable for Banner EZAC-R9-QE8 User Manual

6.2.2. 搭建您自己的安全系统

下图显示如何根据 9 针安全锁上的可用信号构建安全系统的原理。

制作安全装置，需要满足 3 个条件。其中一个是固定电阻，当 AT5600 所有的 pin 脚短路时，固定电阻就可以防止意外地发生。



注意：

- 1) Pin 针 3 和 7 之间必须使用额定值为 400V / 1A 或更高的线缆连接。
- 2) 确保安全信号线缆和安全继电器保护在接地保护层内，以防损坏。
- 3) 操作人在测试中接触安全屏障时，该装置利用继电器、接触器或其他开关来切换安全信号。

Voltech 提供一根自制线缆，您可以搭建自己的安全系统。

Part number 250-030

User manual 98-121

Safety Interlock Cable

Safety Interlock Cable User Manual

6.3. 安全声明

操作人员安全

用户有责任根据仪器使用地（当地）的安全指导和法律规定，确保 **AT5600** 及其相关安全系统的安装、维护和运行。

光幕只是整个安全系统的一部分。

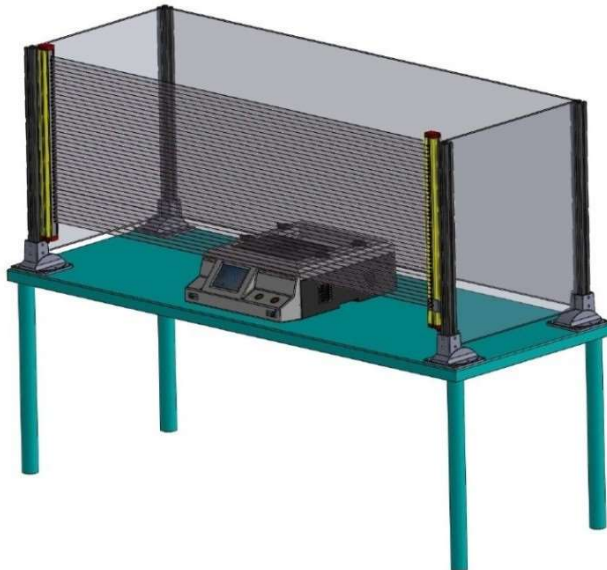
AT5600 和光幕必须由专业人员安装。该人员需要对风险进行评估，并提供操作人员培训、安全声明，并根据当地法规安装 **AT5600** 和 光幕。

6.4. 安全系统安装示例

任何安全系统都应该考虑一个完整的“安全外壳”，以防止从各个侧面接触被测变压器上的危险电压。红外安全系统只需要时整个安全外壳中，面向操作人员的那一个面。

除此之外，为防止操作人员或其他人可能从仪器的背面或是侧面接触被测变压器而存在危险，您还需要采取适当安装物理屏障的措施，防止这种情况的发生。如果操作人员从上当接触北侧变压器，则可进一步采取措施。

安装示例如下：

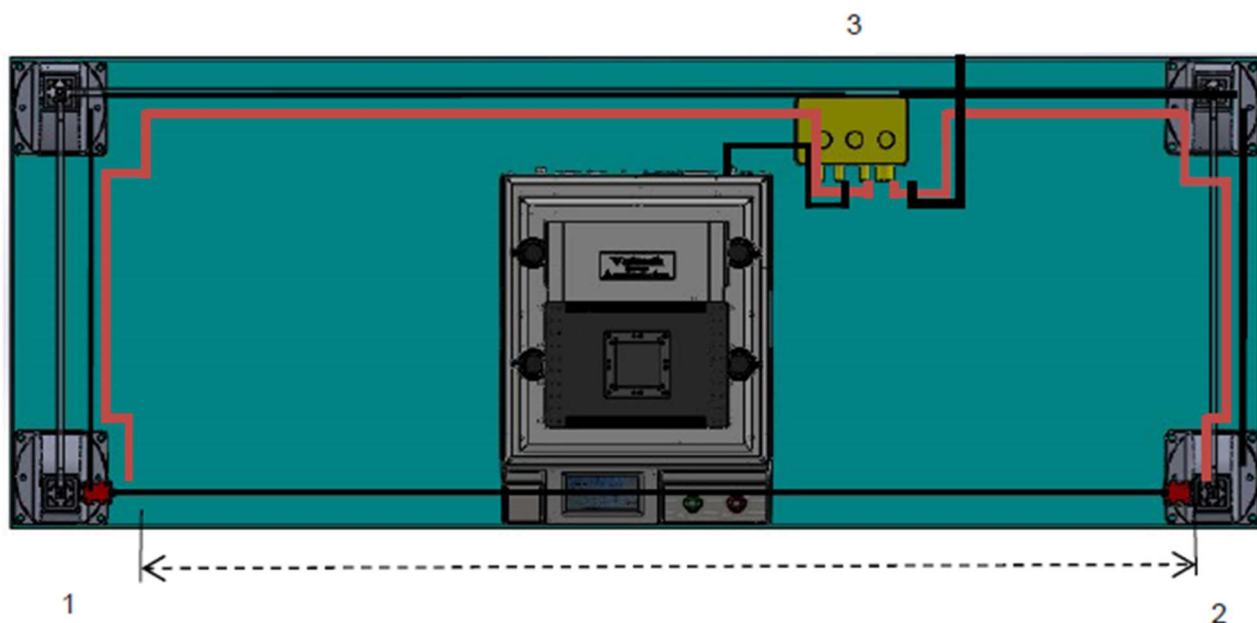


此红外安全系统有 3 个独立的模块：

- 1 一系列垂直的发射器，位于光幕的左侧边缘。
- 2 一系列垂直的接收器，位于光幕的右侧边缘。
- 3 一个控制盒，包含电源电路、开关装置、连接测试仪的接口。

每个模块之间通过简单的多路电缆进行内部连接，安装简单。

安装示例如下：



6.5. AT5600 安全系统用户界面

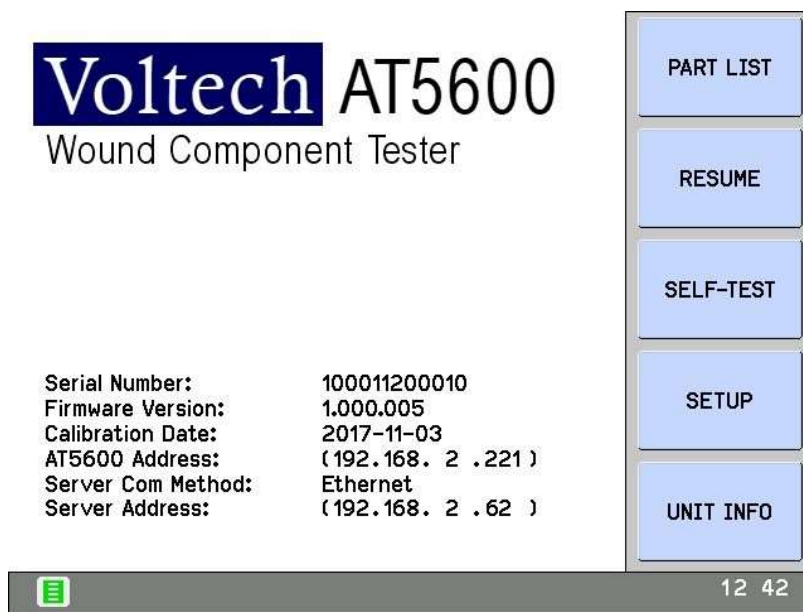
这部分旨在说明，当 AT5600 与光幕配合使用时，您可能在 AT5600 上看到的提示和警告。

光幕如何使用，请参阅光幕随附的使用手册。

AT5600 会在 3 种不同的状态下，检查安全锁的状态。检查发生在执行操作前，和执行操作中：

- 程序执行过程中运行测试
- 程序运行治具补偿时
- 自检时

如果在测量开始以前，安全系统显示光幕坏了，测试仪在用户界面的左下角显示红色的安全锁图标。否则测试仪将显示绿色的安全锁图标，表明系统可以安全使用，如下图所示。



如果在测量开始后，光幕的光束坏了，测试中止，测试电压停止，安全锁图标由绿色变为红色。

6.6. 构建安全的治具

在构建测试治具时，变压器的外表面及其连接件在任何时候都不能伸出测试治具的任何边缘。

这是为了确保从被测变压器到光幕的安全工作距离至少为 100mm，避免操作人员受到电击的伤害。

这样，可以确保安全系统在操作人员用手接触产品或其连接前，能有时间断开变压器上的电源。

6.7. DC1000 直流偏置电流源

当 DC1000A 与 AT5600 配合使用时，有关安全系统, 详见 DC1000A User Manual （ 98-102 ）。

6.8. AC Interface 治具

当 AC Interface 治具与 AT5600 配合使用时，

有关安全系统，详见 AC Interface Fixture User Manual （ 98-072 ）。

7. 测试与测试条件

7.1. 可用测试

下表罗列了 AT5600 的所有测试以及测试适用的条件。

如果您想要知道您的测试仪开通了哪些测试，您可以进行如下操作：电脑连接 AT5600 的 AUX 口或是 USB-B 口，然后打开 AT Editor 软件。不能用的测试在 Available Tests 窗口中显示为灰色。

如果您购买的是 AT5600 标准版，意味着开通了 14 项测试。如果您需要额外的测试，请联系我们。我们可以免费提供30天的体验码，让您在购买之前使用。

详见第 14.9 章 自定义测试，获取更多 AT5600 如何增加测试的信息。

7.1.1. 低压测试

测试	说明	主要应用	测试线圈	目的
CTY	Continuity	All transformers		Properly installed fixture
R	DC Resistance	All transformers	All windings	Properly installed fixture. Correct wire used. Integrity of terminations
LS	Inductance (Series circuit)	Most transformers but usually not line frequency transformers	One winding usually the primary	Correct primary turns. Right grade of core material. Core correctly assembled
LP	Inductance (Parallel circuit)	Most transformers but usually not line frequency transformers	One winding usually the primary	Correct primary turns. Right grade of core material. Core correctly assembled
QL	Quality Factor	Most transformers but usually not line frequency transformers	One winding usually the primary	Right grade of core material Core correctly assembled Check for shorted turns
RLS	Equivalent Series Resistance	Most transformers but usually not line frequency transformers	One winding usually the primary	Right grade of core material Core correctly assembled Check for shorted turns
RLP	Equivalent Parallel Resistance	Most transformers but usually not line frequency transformers	One winding usually the primary	Right grade of core material Core correctly assembled Check for shorted turns
D	Dissipation Factor	Most transformers but usually not line frequency transformers	One winding usually the primary	Right grade of core material Core correctly assembled Check for shorted turns
LL	Leakage Inductance	SMPS transformers Communication Transformers Others as applicable	Selected windings	Check windings have been installed in the correct position relative to the core
C	Interwinding Capacitance	High frequency transformers. Isolating transformers		Check winding positioning Check insulation thickness between windings
TR	Turns Ratio and Phasing	Most transformers, but usually not line frequency transformers	All windings	Check windings have corrected turns and phasing
TRL	Turns Ratio by Inductance	As with Turns Ratio but used where there is poor flux linkage between windings.	All windings	Check windings have correct turns and phasing

LVOC	Low Voltage Open Circuit	All transformers	All other windings	Correct secondary turns. Correct phasing
LSB	Inductance with Bias Current (Series Circuit)	Transformers for use in applications where passing significant (DC) bias current is part of the normal operation	One winding	Correct number of turns. Right grade of core material Core correctly assembled
LPB	Inductance with Bias Current (Parallel Circuit)	Transformers for use in applications where passing significant (DC) bias current is part of the normal operation	One winding	Correct number of turns. Right grade of core material Core correctly assembled
R2	DC Resistance Match	SMPS, audio & telecom	All windings	Checks matching between windings
L2	Inductance Match	SMPS, audio & telecom transformers	All windings	Checks matching between windings
C2	Capacitance Match	SMPS, audio & telecom transformers	All Windings	Checks correct winding position on bobbin
GBAL	General Longitudinal Balance	Audio & telecom transformers	Selected Windings	Checks common mode rejection ratio
LBAL	Longitudinal Balance	Audio & telecom transformers	Selected Windings	Checks common mode rejection ratio
ILOS	Insertion Loss	Audio & telecom transformers	Selected Windings	Checks losses within the transformer
RESP	Frequency Response	Audio & telecom transformers	Selected Windings	Checks losses over a range of frequencies
RLOS	Return Loss	Audio & telecom transformers	Selected Windings	Checks losses returned by a transformer
Z	Impedance	Audio & telecom transformers	Selected Windings	Checks impedance at a given frequency
ZB	Impedance + bias	Audio & telecom transformers	Selected Windings	Checks impedance at a given frequency
ANGL	Impedance Phase Angle	Audio & telecom transformers	Selected Windings	Finds phase shift between Voltage and Current on a winding.
PHAS	Interwinding Phase Test	Audio & telecom transformers	Selected Windings	Measures phase shift between a pair of windings

7.1.2. 高压测试

测试	说明	主要应用	测试线圈	目的
HPDC	Hi-Pot (DC)	All transformers especially those used for safety insulation	Between selected windings usually primary to secondary, screens and core	High voltage safety insulation
HPAC	Hi-Pot (AC)	All transformers especially those used for safety insulation	Between selected windings usually primary to secondary, screens and core	High voltage safety insulation
ACRT	Hi-Pot Ramp (AC)	All transformers especially those used for safety insulation	Between selected windings usually primary to secondary, screens and core	High voltage safety insulation
DCRT	Hi-Pot Ramp (DC)	All transformers especially those used for safety insulation	Between selected windings usually primary to secondary, screens and core	High voltage safety insulation
ACVB	Voltage Breakdown (AC)	Transformers with MOV fitted	Between selected windings usually primary to secondary, screens and core	High voltage safety insulation
DCVB	Voltage Breakdown (DC)	Transformers with MOV fitted	Between selected windings usually primary to secondary, screens and core	High voltage safety insulation
SURG	Surge Stress Test	All transformers, especially those using fine wire	Selected windings	To identify shorted turns
IR	Insulation Resistance	All transformers	Between selected windings	Winding isolation check where safety is not involved
ILK	Leakage Current Test	Medical applications	Between Primary and Secondary Windings	Checks for a common mode current due to capacitance
MAGI	Magnetizing Current	Usually, line frequency transformers	One winding, usually the primary	Correct primary turns. Correct core material properly assembled
VOC	Open Circuit Voltage	Usually, line frequency transformers	All other windings	Correct secondary turns. Correct phasing
WATT	Wattage	50/60Hz Iron core transformers	One winding	Correct core material. Properly assembled
PWRF	Power Factor	Usually, line frequency transformers or Current Transformers	One winding, usually the primary	Power losses over whole transformer.
STRW	Stress Wattage	Line frequency & High Frequency Transformers	One Winding (Usually the primary)	Checks inter-turn insulation, magnetic material, and joints

7.1.3. DC1000 及 DC1000A 测试

测试	说明	主要应用	测试线圈	目的
LSBX*	Inductance with External Bias (Series Circuit)	Wound components that usually carry a significant DC Bias current in normal operation.	Selected Windings	Checks number of turns, right grade of correctly assembled core material, where bias current is greater than LSB test can handle.
LPBX*	Inductance with External Bias (Parallel Circuit)	Wound components that usually carry a significant DC Bias current in normal operation.	Select Windings	Checks number of turns, right grade of correctly assembled core material, where bias current is greater than LPB test can handle.
ZBX*	Impedance with External Bias	Audio & Telecom	Selected Windings	Checks impedance at a given frequency, while applying a greater bias current than is possible with ZB test.

这些测试需要配合使用一台或多台 Voltech **DC1000** 精密直流偏置电流源。如需了解更多，请联系蓝湾电子。

7.1.4. AC Interface 测试

测试	说明	主要应用	测试线圈	目的
MAGX	MAGI (External Source)	Usually, line frequency transformers	One winding, usually the primary	Correct primary turns. Correct core material properly assembled
VOCX	VOCX (External Source)	Usually, line frequency transformers	All other windings	Correct secondary turns. Correct phasing
WATX	WATT (External Source)	50/60Hz Iron core transformers	One winding	Correct core material. Properly assembled
STRX	STRW (External Source)	Line frequency & High Frequency Transformers	One Winding (Usually the primary)	Checks integrity of inter-turn insulation, the magnetic material, and joints

这些测试需要配合使用一台或多台 Voltech **AC INTERFACE** 治具。如需了解更多，请联系蓝湾电子。

7.1.5. 其他功能性测试

测试	说明	主要应用	测试线圈	目的
OUT	Output to User Port	Switching relays using the 6-way USER OUT port.	n/a	Allows the AT to perform external switching as part of the test program.
WAIT	Wait test	Introduce fixed duration or indefinite pause in program.	n/a	Allows time for core demagnetisation or for user to manually fit load resistors or change wiring etc

7.2. 谐振频率

实际的电感元件并不是完美的电感，通常伴随有杂散的电阻和电容。

对于某些元件，尤其是电感值非常小的，杂散的电阻和电容对电感值的影响将尤为显著。

$$X_L = 2\pi fL \text{ (Inductive Impedance)}$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} \text{ (Capacitive Impedance)}$$

频率足够高时，容抗占主导地位，此时将不能进行电感测试。

这种情况下，任何测试仪都会得到一个负的电感值并报告测试错误。

出现这种情况时，应当减小测试频率，避免问题的发生。

当感抗等于容抗（ $X_L = X_C$ ）时，此时的频率就是元件的谐振频率（SRF）。

在此频率下，阻抗的相角（可以使用 ANGL 测试测量）为 0。

为避免此类问题，在频率够低的条件下，容抗是可以忽略的，此时的相角为正且接近 90 度。因此在测试程序的设计阶段，您可以使用 ANGL 测试来确定是否会因为测试频率接近元件的谐振频率而造成问题。

如果相角明显低于 90 度，应当考虑降低测试频率。

需要注意的是，治具的杂散电容会加到元件的容值中去，从而降低谐振频率。

治具补偿是为了去除杂散电容在电容测试中的影响，但不能去除其在谐振频率测量的影响。

7.3. Integration 的定义

Integration 是用于测试测量的过程中。

AT5600 有三种 Integration 的类型：Short、Medium、Long。

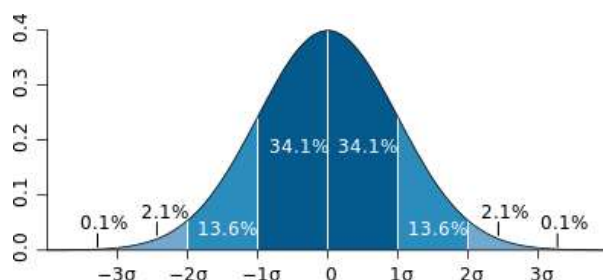
Integration 的类型，是在使用编辑器软件创建测试程序时选择的。

通过进行一系列连续的测量并计算这些测量的平均值，得到 AT5600 最终的结果。例如，单个电阻测试如果为10次连续测量，则最终的结果为10次测量的平均值 10 ohms：

10.20	9.90	9.90	9.93	9.80	9.85	10.10	9.98	10.10	9.91
-------	------	------	------	------	------	-------	------	-------	------

关键在于，AT5600 需要进行一系列的测量是多少次来产生一个结果。这是通过使用统计学来实现的。

一系列测量值的变化是遵循统计学中的“正态分布”：



A plot of a *normal distribution* (or bell-shaped curve) where each band has a width of one standard deviation.

每个样本收集时，AT5600 计算平均值的标准误差

(https://en.wikipedia.org/wiki/Standard_error)：

$$SE_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

这里：

s 为**样本标准差**（例如，基于样本的总体标准差估计值），

以及

n 为样本的大小（观测次数）。

该值用于计算**相对标准误差**，即标准误差除以平均值，百分数表示。

https://en.wikipedia.org/wiki/Standard_error#Relative_standard_error

一系列测量中测量的次数（ n ）越大，相对标准误差越小，得到最后结果的时间越长。AT5600 有三种 integration 的类型：Short、Medium、Long。下表为各种 integration 类型分别对应的相对标准误差：

Integration Level	Relative standard error
Short	1%
Medium	0.3%
Long	0.03%

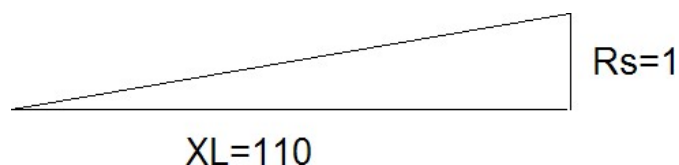
如何选择 integration 的类型，需要考虑每个测量设置的公差。

例如，一个额定为 11.3 ohms 的电阻测试，期望值范围在 10.8 ohms 到 12 ohms 之间。

测量的不确定性必须小于 $100 * (12 - 11.3) / 11.3 = 6.2\%$ 。

如果时边界值，应选择相对标准误差不超过不确定性一半的 integration 类型，本例中，Integration 类型选择为 Short，此时它的相对标准误差远远小于所需不确定性的一半。

另一方面，考虑到测量实际 Q 值为 110 的电感器的品质因数 Q：



R_s 的值表示 $1 / 110$ 为电感器阻抗的 0.909%。

如果 Q 能接受的最小值是 100，则 R_s 必须测量到大于 $100 * (110 - 100) / 100$ 为额定值的 10%；测量的不确定性必须小于 $0.909\% * 10\% = 0.0909\%$ 。此时，应该选择 long integration。

在生产测试中，测试结果限制通常足够大，可以选择 short 或是 medium，尽可能地缩短测试时间。

7.4 CTY – 连续性

使用场景

连续性测试一般放在整个测试的第一个，用于检查变压器是否与测试治具正确连接。该项测试设置了一个电阻的最大值，所有线圈的电阻都必须小于该限值。

CTY 测试可替代单个线圈的电阻测试。CTY 测试在 AT3600 的执行速度上有优势，但电阻测试可以对每组线圈设定各自的限值，并且可以识别生产中的错误，如使用了错误规格的铜线。

CTY 兼容 AT5600，但是在速度上没有优势，因为 AT5600 比 AT3600 的运行速度快很多，因此推荐电阻测试而不是 CTY 测试。

但是您仍然可以选择 CTY 测试，因为相较于一系列的电阻测试，单个的 CTY 测试的测试速度会更快一些。

定义测试限值

定义测试限值时，需要记住此限值作用于所有线圈，因此选择的阻值必须高于所有线圈电阻的最大值。对于多数变压器，线圈电阻小于 $1\text{k}\Omega$ ，可以使用测试限值 $10\text{k}\Omega$ ，快速完成测试。

也请看

14.6.1 测试的推荐精度，以及

10.2.1 测试的精度规格

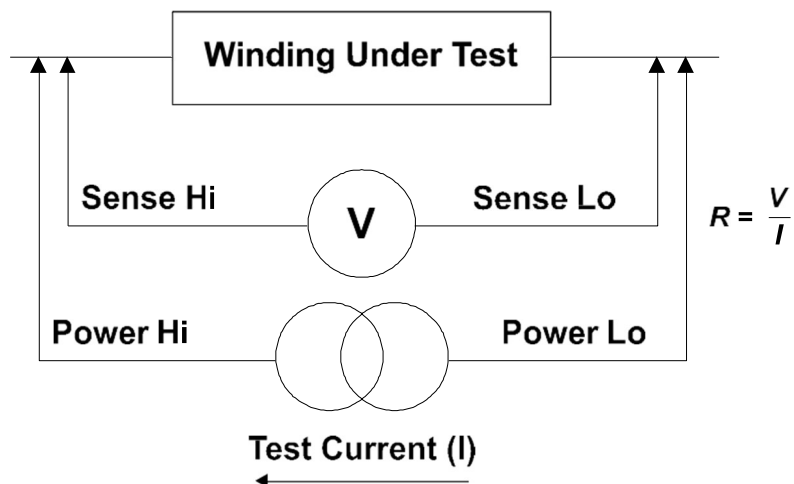
7.5. R – 线圈电阻

使用场景

任何型号的变压器，所有线圈的电阻测试通常在第一组测试种进行。用于检查铜线线径的准确性，确认在绕线过程中没有过度绷紧。

该项测试同时也确认了测试治具与变压器之间是否正确连接。这对于接下来使用开尔文连接的测量尤为重要。因为电阻测试将同时确认 **power** 线与 **sense** 线之间良好的电气连接。

如需检查线圈电阻是否正确，您可以使用测试仪提供一个固定的电流到待测的线圈。线圈两端的电压和通过的电流会被同时测量；使用电压除以电流将得到电阻值。



定义测试限值

Maximum Value – 尽可能地缩小限值，确保铜线使用正确。

Minimum Value – 不是很重要 – 在确保没有因焊接问题导致的针脚短路下设定限值。

测试电流

测试电流的设定根据测试限值中定义的最大阻值：

Maximum Resistance R	<1 Ω	1 Ω -10k Ω	10k Ω -50k Ω	>50k Ω
Test current	I=1	I=1/R	V=R*100u	V=5

这里：

V = Volts (V)

I = Current (A)

R = Resistance (Ω)

也请看

14.6.2 测试的推荐精度，以及

10.2.1 测试的精度规格

7.6. RLS 或 RLP – 串/并联等效电阻

使用场景

串/并联等效电阻测量可以替代品质因数测试，放在程序中电感测试后面。

RLS 或 RLP 是绕线电阻和铁芯引起的损耗（通常是涡流和磁滞损耗效应）的组合。经典的直流电阻测试只能反映线圈电阻，因此，RLS 或 RLP 测试将帮助您检测不良磁芯或层压。

与品质因数测试一样，串/并联等效电阻测试通常用于信号、脉冲和开关电源变压器，在正常条件下，B-H 曲线偏离较小，不超过线性区域。

等效电阻测试也是突出变压器内部薄弱或是匝间短路的一种方法。

定义测试限值

与测量电感和品质因数一样，测量串/并联等效电阻，测试仪提供一个交流电压到待测的线圈。然后使用谐波分析测试线圈两端的电压和通过的电流。用测得的电压除以电流得到一个复阻抗，然后通过计算得到串/并联等效电阻。

如果在一个测试程序中，在同样测试条件（电压和频率）下，串/并联等效电阻测试在串/并联电感测试之后，且测试的是同一组线圈，那么前面测试的电感值会用于后面的电阻测试以节约程序执行时间。

测试信号的频率范围从 20Hz 到 3MHz，电压范围从 1mV 到 5V。

通常在电感测试之后，会选择同样的测试测试条件来测量串/并联等效电阻。如果在测等效电阻之前没有相关的电感测试，那么请根据章节 7.7.2 中的说明，基于待测线圈的电感值，选择测试条件。

也请看

14.6.3 测试的推荐精度，以及

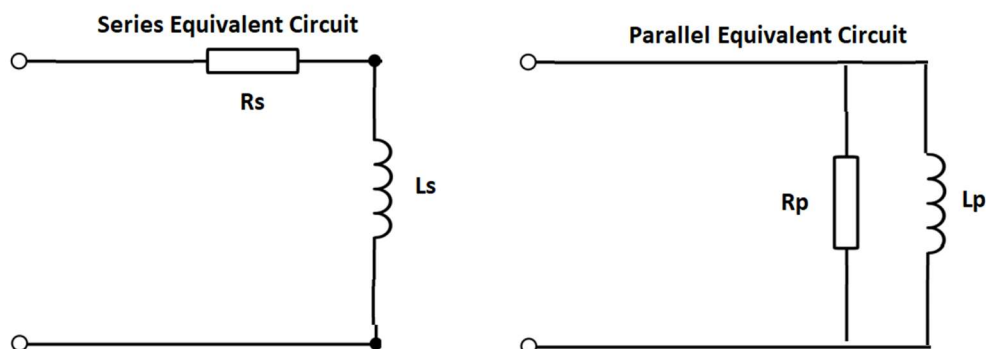
10.2.2 测试的精度规格

7.7. LS 或 LP - 电感（串/并联电路）

使用场景

AT5600 有两种不同的测量方法来确认变压器是否正确安装、初级线圈和次级线圈的匝数、磁芯材料是否存在不良等。

任何实际电感都可以通过等效串联电路和等效并联电路进行测量。



理想状态下, $R_s = 0$, $R_p = \infty$, 因此 $LS = LP$,

但是, 实际电感器在这两种电路中的电感值并非完全一致。因此在定义限值时, 要注意这一点。

电感总是作为复阻抗的一部分进行测量; 通过选择 **LS** 或 **LP** 测试, 结果将表示为等效串联电路或是等效并联电路。

当测量信号变压器、脉冲变压器或是开关电源变压器时, 这些变压器在正常工作条件下, **B-H** 曲线偏离较小, 不超过线性区。这些变压器通常需要初级线圈的电感、以及圈比的测量。

对于设计用于在整个 **B-H** 曲线范围内 (包括非线性区域) 运行的工频变压器, 首选方法是对初级线圈进行磁化电流测试, 然后对其他线圈进行开路电压测试。

测试条件

电感测试时，测试仪在被测线圈的两端提供交流电压，然后谐波分析测试线圈两端的电压和通过的电流。用测得的电压除以电流得到复阻抗，然后计算得到电感。

测试信号的频率范围从 20Hz 到 3MHz，电压范围从 1mV 到 5V。

一般来说，变压器在正常工作条件下是不需要测量电感的，例如，包括数百伏的电压水平。这是因为通常可以假设 B-H 曲线在工作区域是线性的，在较低电压下测量的电感代表实际使用中出现的电感值。

同时，电感值通常不会随频率的改变而显著改变。虽然测试仪可以产生高频信号，但是需要小心使用高于几百 KHz 的测试频率。因为在较高频率时，由测试治具的杂散电感和电容所产生的误差会特别显著。使用测试治具补偿可以消除这些误差。

对于不同范围的初级线圈电感值测试，下表格列出相对应的推荐测试条件：

Inductance range			Preferred test signal Frequency	Voltage
100nH	→	300nH	3MHz	50mV
300nH	→	1uH	1MHz	150mV
1uH	→	3uH	1MHz	500mV
3uH	→	10uH	300KHz	500mV
10uH	→	30uH	100KHz	500mV
30uH	→	100uH	30KHz	500mV
100uH	→	300uH	10KHz	500mV
300uH	→	1mH	3KHz	500mV
1mH	→	3mH	1KHz	500mV
3mH	→	10mH	300Hz	500mV
10mH	→	30mH	100Hz	500mV
30mH	→	100mH	50Hz	1V
100mH	→	300mH	50Hz	3V
300mH	→	1H	50Hz	3V
1H	→	3H	20Hz	3V
3H	→		20Hz	5V

The Test Conditions for Inductance Measurements

尽可能地，此表可用于所有的电感测试。电感范围的选择基于待测线圈电感的估计最小值。在选择测试条件时，还需要考虑以下潜在的问题：

电流水平

对于电压上限值的选择，保证在最小电感时电流最大值在 **50mA**。对于电压下限值的选择，上表中电压限制能保证电流不低于 **3 μ A**。在一些情况下，低电压时的电流可能使磁芯饱和。电压不能低于最低水平，以保证测试电流不至于太小而不能被感应测试到。

谐振频率

在较低的频率，线圈间的电容远大于电感，通常忽略。然而，在很高的频率时，并不是如此，电容占据主要地位而电感无法测量。谐振频率是这两个区域间的切换点。

通常要得到很好的电感测量效果，测试频率应低于变压器谐振频率的 **20%**。

通常大的电感值会有一个大的线圈间电容，因此会有一个较低的谐振频率。总之，选择较低的测试频率值，以最小化谐振频率带来的问题。

非线性电感

通常，电感测量应用于 **B-H** 特性是线性的变压器。

然而，如果测试工频变压器的电感值，其磁芯材料即使在低信号水平时也是非线性的，那么测试结果很大程度上取决于提供的测试信号。

此时 **AT5600** 的测试结果与阻抗电桥或元件测试仪比较会有问题。这些阻抗电桥的测试信号通常由测试仪确定，一般为一个固定的频率，即便是同一个电压，也不能保证所有的电感值相同。

通常，如果阻抗电桥的实际测试条件可以确定，然后 **AT** 测试仪设定相同的测试条件，那么测试结果将会一致。（请参见关于不同等效电路的选择所造成的差异）。

也请看

14.6.4 测试的推荐精度，以及

10.2.2 测试的精度规格

7.8. LSB 或 LPB – 偏流电感（串/并联线路）

使用场景

通过 LSB 和 LPB 测试，AT5600 提供两种方法来进一步确认变压器的组装、和匝数、磁芯材料以及空气间隙是否正确。

这些测试通常设计用于大直流电流流过一个或多个线圈的应用中的变压器。

定义测试限值

测量偏流电感，测试仪首先要提供设定好的偏置电流到待测线圈。稳定后，它会在选定的线圈上施加交流电压，并使用谐波分析测量线圈上的电压和电流。测量电压除以谐波电流得到复阻抗，并计算电感。

偏置电流可以在测试程序中设定，范围从 10mA 到 1000mA。交流测试信号的频率范围从 20Hz 到 3MHz，电压范围从 1mV 到 5V。

通常，根据预估的电感值选择测试信号的频率和电压，使得到的测试电流小于偏置电流的 20%。

与普通的电感测试一样，推荐的测试信号参考 7.7.2。但是，如果推荐的信号会导致一个很高的电流，那么使用一个相对较小的测试电压。

通常不推荐增加测试频率来减小测试电流，因为这会导致其它问题，如测试治具的产生电感和电容，还有变压器自身的谐振频率。

也请看

14.6.5 测试的推荐精度，以及

10.2.14 测试的精度规格

7.9. QL – 品质因数

使用场景

品质因数测量通常在测试程序中测量初级线圈的电感之后进行。它与 L/R 成正比，因此电阻最小的纯“理想”电感器将具有高 Q 值。

Q 被定义为无功电感除以交流电阻 ($2\pi f \times L / R_{LS}$)。

与电感测量一样，品质因数的测试通常用于信号变压器、脉冲变压器和开关模式电力变压器，正常工作条件下 $B-H$ 曲线偏移较小，永远不会超出线性区域。脉冲变压器需要能够处理方波的高频分量，因此了解和检查频率上的品质因数至关重要。

Q 测试也是突出变压器内短路匝数的一种方法。短路会产生更高的电流，相关的功率损耗 ($I \times I \times R$) 会高得多。因此，性能质量下降， Q 下降。

传统的高压浪涌测试对脉冲变压器和信号变压器不是有效或理想的测试，因为该变压器不是为这种高压设计的，所以可以使用 Q 代替。

测试条件

品质因数测量，测试仪执行的步骤与电感测试几乎同样。仅有的差别在于测试结束后的计算：测得的电压除以电流得到复合阻抗，然后计算得到品质因数。

测试信号的频率范围从 20Hz 到 3MHz，电压范围从 1mV 到 5V。

通常品质因数测试放在电感测试之后，为品质因数测试选择同样的测试条件。如果品质因数测试之前没有相应的电感测试，那么其基于待测线圈的电感值，按 7.7.2 中推荐信号选择测试条件。

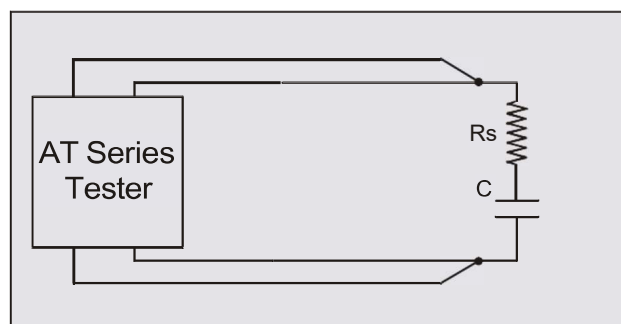
也请看

14.6.6 测试的推荐精度，以及

10.2.3 测试的精度规格

7.10. D – 耗散因数

Measurement Range	Test Voltage	Test Frequency	Basic Accuracy
0.001 to 1000	1mV to 5v	20Hz to 3MHz	0.50%



参数“D”是电容衰减最常用的测试。其类似于变压器线圈的 Q 值。

耗散因数 D 的定义公式如下：

$$D = \frac{R_s}{X_s} = \frac{R_s}{1/\omega C_s} \quad (\text{where } \omega = 2\pi f)$$

对于给定的电容，等效的串联电阻越小，耗散因数的值越低，即电容越优秀。

对于电容器和电感器来说，D 也只是 Q 的倒数（见上文），但是 Q 对于电感器来说，和 D 对于电容器来说，都是很常见的。

使用场景

损耗因数测试通常用于所有类型的电容器。D 测试将有助于确定电容器的制造是否正确。

测试条件

损耗因数的测量，测试仪在所选线圈上施加交流电压，并测量线圈上的电压和电流。利用谐波分析，将测量的电压除以电流，得到一个复阻抗，从中可以得到损耗因数。

选择测试信号

为了获得最佳精度和性能，请使用本章后面章节中为电容选择的测试条件。

也请看

14.6.7 测试的推荐精度，以及

10.2.3 测试的精度规格

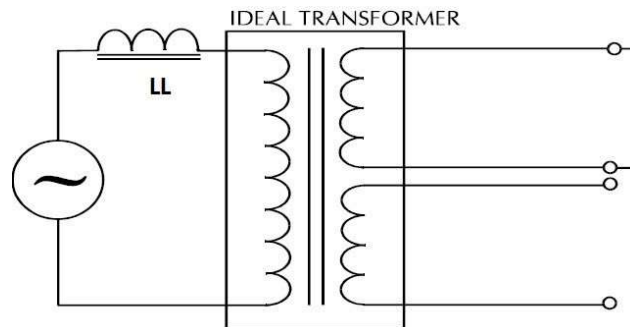
7.11. LL – 漏感

使用场景

漏感在许多应用中都很重要。举个例子，高频开关电源的回波设计，其中漏感必须小于规定的临界值才能正常工作。

通常 LL 建模时为初级线圈加上一个额外的电感器，它不会向次级产生任何有用的功率传输——这是一种损耗，因此使用了术语“漏感”。

设计者通常会尝试最小化 LL，但在某些应用中，可能需要在其中进行设计（例如microwave PSUs）。在这两种情况下，测量和控制 LL 都至关重要。



测试条件

漏感测试通过短路所有次级线圈，测初级线圈的电感。测试仪使用串联等效线路计算线圈的复阻抗，然后算出电感值。

进行测试时，测试仪自动补偿短路的线圈、连接和继电器的阻抗。

漏感测试使用的测试电流范围从 20 μ A 到 100mA，频率从 20Hz到 3Mhz。

通过预估的漏感值，您可以选择推荐的测试信号：

Leakage Inductance range			Preferred test signal Frequency	Current
100nH	→	1uH	300kHz	50mA
1uH	→	10uH	100kHz	20mA
10uH	→	100uH	30kHz	10mA
100uH	→	1mH	10kHz	5mA
1mH	→	10mH	1kHz	5mA
10mH	→	100mH	100Hz	5mA
100mH	→	1H	100Hz	1mA
1H	→	10H	50Hz	500μA

The Test Conditions for Leakage Inductance Measurement

注意：漏感测试是短路次级线圈的条件下进行，因此小心选择测试信号以确保没有大电流流过。这对于圈比高且短路线圈的匝数少的变压器尤其重要。

例如，初级线圈有 300 匝，次级线圈有 3 匝，在初级线圈端一个 10mA 的电流流过漏磁电感，那么短路的次级线圈端将有 1A 的电流流过。

为了保护变压器线圈，在测试漏感时，测试电流最大不超过为 50mA。

另外，测漏感时，初级线圈电感测试中存在涉及的谐振频率问题，因此尽可能使用低的测试频率。

用户校正

这用于对 AT 测得的结果进行补偿，补偿值为用户定义的值。

如：返回值 = 测量结果 + 用户补偿值

通常漏感测试是不需要 user offset 的。然而对于较小的漏感 ($<1\mu\text{H}$)，且次级线圈有很多低压端时，在治具补偿期间，测试仪并不能完全消除测试夹具所有的误差。在这种情况下，可能需要用户偏移来完全消除误差，并将结果标准化为使用完美短路测量的 LCR 读数，但这在生产测试中不实用。

也请看

14.6.8 测试的推荐精度，以及

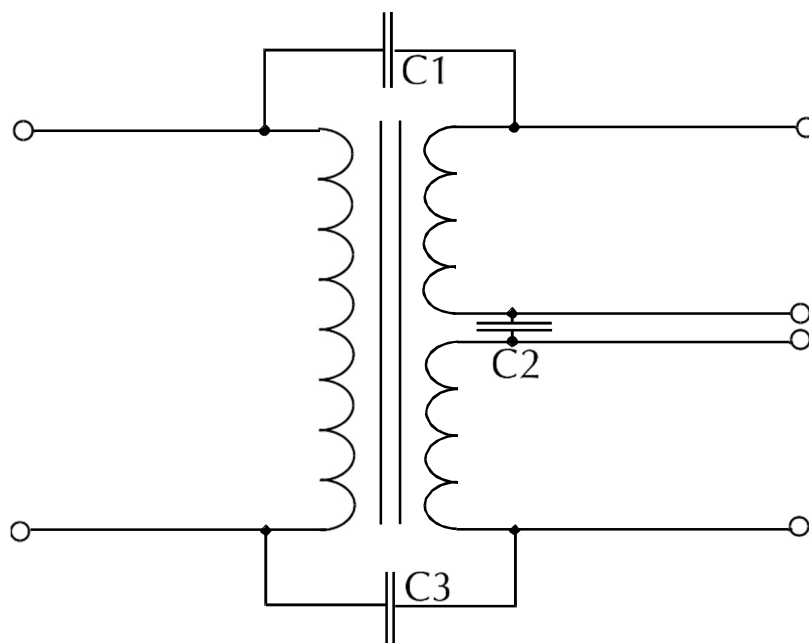
10.2.2 测试的精度规格

7.12. C – 电容

使用场景

变压器中电容的产生是由于不同匝数线圈导线间的电气耦合。通常来说，电容分布在线圈的不同层之间、和一组线圈的外层与另一组线圈的内层之间。

尽管电容分布在整個线圈上，但它通常以一个简单的等效线路来表示两组线圈间的电容。



音频、医疗和仪器应用中使用的变压器对线圈间的电容非常敏感，同时对初级线圈和次级线圈的绝缘要求很高。

它在开关变压器的电路操作中也起到重要作用，例如，电容过大可能会在开关频率下产生大量噪音，并耦合到与次级线圈连接的敏感线路中。

对于线圈间电容的平衡，如果匹配两个或更多线圈上的电容比实际单个电容更重要，请参阅 C2 测试。

测试条件

测量电容，测试仪在待测线圈之间施加交流电压，通常每个线圈上的所有端子都短接在一起。然后通过谐波分析测量线圈之间的电压和产生的电流。电压除以电流得到线圈间阻抗，由此可计算出电容。

测试电压范围从 1mV 到 5V，频率从 20Hz 到 3MHz。

对于不同容值的电容，下表给出了推荐的测试条件：

Capacitance range			Preferred test signal Frequency	Voltage
1pF	→	10pF	100KHz	5V
10pF	→	100pF	100KHz	5V
100pF	→	1nF	10KHz	5V
1nF	→	10nF	1KHz	5V
10nF	→	100nF	100Hz	5V

The Test Conditions for Capacitance Measurement

在选择测试条件时，需要考虑以下潜在问题：

电流水平

对于大电容，尤其在高频下，测量过程中流过的电流可能非常大，同样，对于低频和低电压下的小电容，测量的电流也可能非常小。

尽可能地，使用上表中建议的测试信号，以确保能够准确测量流过的电流。

非线性电容

通常情况下，非线性对变压器的杂散电容来说不是问题，因此，尽可能地使用大电压测试电容。

等效电路

与电感一样，电容是作为复阻抗测量的，因此结果可以用串/并联等效电路表示。

本章第 7.7 章解释了并联和串联等效电感不一定具有相同的值。电容也是如此；并联和串联等效电路也可能不同。

AT 测试仪通常使用并联等效电路进行电容测量。

也请看

14.6.9 测试的推荐精度，以及

10.2.2 测试的精度规格

7.13. TR – 圈比

使用场景

AT5600用于确认变压器已正确组装，初级和次级线圈匝数正确的两种方法是——TR 或 VOC。

圈比是信号、脉冲和开关模式电力变压器的首选测试，在正常工作条件下，B-H 曲线偏移较小，永远不会超出线性区域。

TR 测试的结果就是所选端子上测得的电压比。如果您愿意，通电线圈也可以是独立于初级或次级线圈以外的线圈。

对于设计用于在整个B-H曲线范围内（包括非线性区域）运行的工频变压器，首选方法是使用开路电压 VOC 测试，以检查每个线圈上的匝数正确。

显然，圈比测试不能告诉你线圈上的实际匝数，只能告诉你初级线圈和次级线圈之间的圈比。因此，您的程序中还应至少进行一次电感测试，以确保圈比正确。

测试条件

测量圈比，向一个线圈（通电线圈）施加测试电压，并使用谐波分析测量两个其他线圈（其中一个也可能是通电线圈）之间的电压。匝数比的测量方法是将一个测量电压除以另一个，并对线圈电阻的影响进行补偿。

建议选择匝数最高的线圈作为通电线圈。这条规则的一个可能例外是，当您希望测量两个线圈之间的圈比，该圈比应精确匹配为1:1。在这种情况下，最好用较低的匝数给第三个线圈通电，以确保任何测量误差均适用于被测的两个线圈。

通电线圈的信号的频率范围为 20Hz 至 3MHz，电压范围为1mV 至5V。

推荐的测试条件取决于通电线圈的电感，它们在第 7.7 章 LS 的表格中给出。

最佳性能假设当通电线圈选择最高匝数的线圈时，测试性能最佳。

通电电压运用与测量

该信号通常应用于初级线圈或匝数最大的线圈。然而，如果这样做会导致匝数最小的线圈上的预期电压小于 1mV ，那么就需要提高测试电压。

只有当通电电压、施加电压和测量电压值均大于 1mV 时，才能获得最佳的可重复测量值。

这也可能需要增加测试频率，确保线圈通过的电流不会太大，但一般来说，要小幅度提高频率，避免高频杂散电容引起的问题。

成组匹配的重要性

在一些变压器设计中，初级线圈和次级线圈间的圈比不如不同初级线圈间或不同次级线圈间的圈比重要。

在这种情况下，为了进行最精确的测量，将测试信号应用于初级线圈，并测量初级线圈与次级线圈之间的圈比。

然后，保持初级线圈电源如上所述通电，测量次级线圈电源之间的圈比。

接下来，给次级线圈通电（可能根据其电感以不同的电压和/或频率），并测量不同初级线圈间的圈比。

这样，匹配的线圈在测试中得到同等对待。

7.13.1. 中心抽头/自耦变压器的最佳操作

（适用于 TR、TRL、LVOC、VOC、VOCX 测试）

当通电/初级线圈与次级线圈为同一线圈上的绕组，测试 TR（或类似）时，为了获得最佳的测量结果，最小化共模信号的影响非常重要。

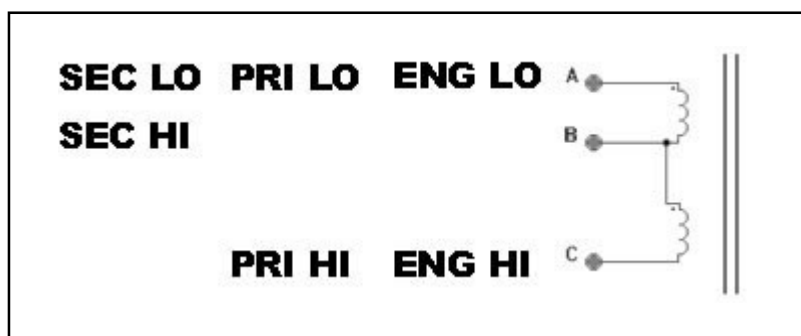
这可以通过编程通电节点来实现，以便次级线圈始终位于初级线圈的 Lo 端。虽然 AT 编辑器允许您选择任何节点，但在编程测试时最好考虑这一点。

请看以下两个例子：

A 最佳设置 – 使用这种配置

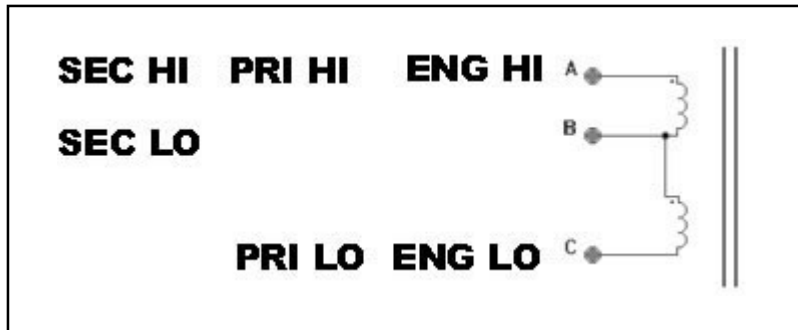
所有的 LO 端被定义为“ A ”。

次级线圈位于 A-C 的 Lo 端；次级线圈的 LO 端为 0V 。



B. 非最佳设置 – 避免这种配置

次级线圈为 A-C 的 HI 端，因此次级线圈的 LO 端不是 0V，因此会产生共模效应。



The screenshot shows the 'Turns Ratio' dialog box with the following settings:

- Test Parameters:** Voltage: 4, mV: ☐, V: ☒; Frequency: 10, Hz: ☐, kHz: ☒, MHz: ☐.
- Integration:** Short: ☐, Medium: ☒, Long: ☐.
- Energised Terminals:** High Terminal: A, Low Terminal: C.
- Primary Terminals:** High Terminal: A, Low Terminal: C.
- Secondary Terminals:** High Terminal: A, Low Terminal: B.
- Ratio Limits:** %: ☒, Primary: Secondary, 100 : 5; #: ☐, Neg: 2%, Pos: 2%.
- Polarity:** +ve: ☒, -ve: ☐, No Test: ☐.
- User Offset:** ☐ User Offset Enabled.

Buttons at the bottom: OK, Measure, Cancel, and the Voltech logo.

定义测试限值

定义圈比测试时，最好避免不必要的严格限制，从而可能引起测量困难。

例如，两个相同的次级线圈各有10匝，则圈比应为1:1。一圈的误差将产生 $\pm 10\%$ 的圈比误差（即 11:10 或 10:11 ），因此 $\pm 5\%$ 的限值适用于检测误差。

也请看

14.6.10 测试的推荐精度，以及

10.2.2 测试的精度规格

7.14. TRL – 电感比测圈比

使用场景

AT5600 提供两种基本的方法来确认变压器是否正确组装、初级线圈和次级线圈匝数是否正确。

圈比对于信号、脉冲和开关电源变压器是理想的测试项目，这些变压器在正常的工作条件下，B-H 曲线的偏离较小，不超过线性区域。

如果初级线圈和次级线圈间的磁耦合较差，最好通过电感测量圈比。该测试测量初级线圈和次级线圈的电感，并根据这些测量的电感值计算圈比，从而消除漏感、磁化电流和线圈直流电阻的影响。然后 TRL 测试返回初级电感相对于次级电感的平方根。

显然，圈比测试（通过电压 TR 或电感 TRL）不能告诉您线圈上的实际匝数，只能告诉您一个线圈和下一个线圈之间的圈比。因此，您应该在程序中至少进行一次电感测试，以确定匝数的绝对值以及圈比是否正确。

测试条件

线圈的电感通常取决于铁芯/绕组中的磁通密度。由于在测量过程中，磁通密度将取决于为线圈通电的信号，因此两个线圈必须在同一电压水平上通电。这将确保沿铁芯 B/H 曲线的同一区域测量两个电感，以获得真实的圈比。

请注意，TRL 最适合圈比为 3:1 至 1:3 的变压器。较高的圈比意味着两侧的测量条件都不理想，因为电感不同，因此圈比的精度会降低。

设定测试参数

如何设定测试参数，您需要知道初级线圈和次级线圈的电感。

为介于初级线圈和次级线圈之间的电感值（ L_m ）选择最佳测试条件。

$$L_m = \sqrt{L_p \times L_s}$$

Where:

L_m = Intermediate inductance

L_p = Primary inductance

L_s = Secondary inductance

V_p = Primary voltage

V_s = Secondary voltage

V_m = Intermediate voltage

N_p = Primary turns

N_s = Secondary turns

查看电感测试的推荐测试信号。

推荐的测试条件取决于两个线圈的中间电感；它们在第 7.7 章 **LS** 的表格中给出。

输入电感测试推荐的频率作为测试频率。

初级线圈和次级线圈电压可以根据以下公式来计算：

$$V_s = V_m \sqrt{\frac{N_s}{N_p}} \quad V_p = V_m \sqrt{\frac{N_p}{N_s}}$$

如果计算出 V_s 或 V_p 的值大于 5V，应设定 5V 为测试信号。如果计算出 V_s 或 V_p 的值小于 1mV，应设定 1mV 为测试信号。

自动设定次级线圈的测试条件

AT 编辑器可以设定初级线圈的 V / F，并为次级线圈自动设定测试条件。选择后，AT 将为初级线圈和次级线圈的 L 测试提供相同电压。

综上所述，AT 自动设置的过程为：

1. 测量初级线圈上的电感和电压。
2. 让信号发生器保持打开的状态，继续测量次级电压。
3. 按第二步测量的电压，将发生器连接到次级线圈上，测量电感。

定义测试限值

定义圈比测试时，最好避免不必要的严格限制，从而可能引起测量困难。

例如，两个相同的次级线圈各有10匝，则圈比应为1:1。一圈的误差将产生 $\pm 10\%$ 的圈比误差（即 11:10 或 10:11 ），因此 $\pm 5\%$ 的限值适用于检测误差。

也请看

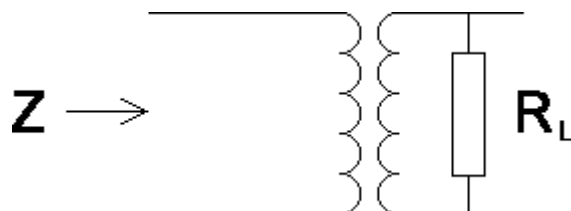
14.6.11 测试的推荐精度，以及

10.2.5 测试的精度规格

7.15. Z, ZB – 阻抗，偏置阻抗

使用场景

阻抗测试通过施加设定的电压和频率，测量电流，计算出复阻抗的大小，来测量变压器线圈的阻抗。

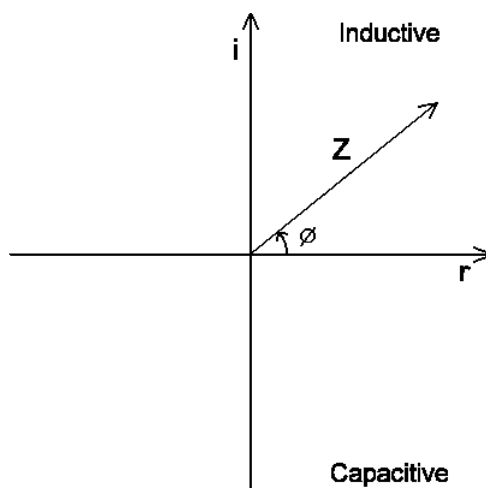


测试条件

Z 或 ZB 可以在有或无次级负载的情况下测量。

AT 无需了解任何负载，因为报告的是从选定线圈点算起的整个变压器的有效阻抗。

将测试电压施加到输入输入上，并测量电压和电流。根据测量结果计算阻抗。



也请看

14.6.12 测试的推荐精度，以及

10.2.23 测试的精度规格

7.16. R2 – 直流电阻匹配

使用场景

直流电阻匹配测试与普通的直流电阻测试（R）相比，更重要的是对不同线圈阻值的测量和匹配到设定的比例-常用于音频和通讯变压器。对于变压器的性能来讲，两个线圈电阻的匹配比线圈电阻的绝对值更重要。

测试条件

测量直流电阻匹配，测试仪对两个线圈的直流电阻进行测量（参考 R 测试）然后比对两个结果。还要以比例的形式设定两个电阻匹配的极限值（如，1:1 ± 5%）。

通过增加更多的直流电阻匹配测试到测试程序中，可以测试任何数量的直流电阻匹配。

选择测试条件

为了实现最佳精度和性能，按本章“线圈电阻”小节的推荐为每个线圈选择测试条件。

选择测试限值

测试极限值为 X 和 Y 的电阻以及正负百分比极限值。

如果不确定电阻值，使用电脑编辑器“测量”按钮测量产品。

也请看

14.6.2 测试的推荐精度，以及
10.2.18 测试的精度规格

7.17. L2 – 电感匹配

使用场景

电感匹配测试是计算两组线圈的电感比值。会在每组线圈上通过复阻抗测试测量其复阻抗。

本项测试适用于开关电源变压器、音频和通讯变压器。检查线圈间的匹配。

测试条件

在测试电感匹配时，测试仪进行两个电感测试。首先仪器提供交流电压到第一组线圈；然后使用谐波分析测量电压和流过的电流；测得的电压除以电流得到一个复阻抗，计算得到其电感值。然后在第二组线圈上重复。电感匹配是第一组线圈与第二组线圈的电感比值。

测试信号的频率可以从 20Hz 到 3MHz，电压从 1mV 到 5V。

通常，不需要在变压器正常工作的条件下测量电感，例如，其中几百伏的电压。这是因为 B-H 曲线在工作区域可以假定为线性的，所以在较低水平测量的电感代表了变压器使用时的电感值。

另外，通常假定电感值不会随频率显著的改变。因此，虽然测试仪可以提供高频测试信号，但是请小心使用高于几百 kHz 的频率。这是因为在高频状态下，由测试治具产生的杂散电感和电容会很明显。测试治具补偿可以消除这些误差。

以下表格是针对不同电感值，推荐使用的测试条件：

Average Inductance (Geometric Mean)			Preferred test signal	
			Frequency	Voltage
100nH	→	1uH	300KHz	10mV
1uH	→	10uH	100KHz	30mV
10uH	→	100uH	30KHz	50mV
100uH	→	1mH	10KHz	100mV
1mH	→	10mH	1KHz	100mV
10mH	→	100mH	100Hz	100mV
100mH	→	1H	100Hz	300mV
1H	→	10H	50Hz	1V
10H	→	100H	50Hz	5V
100H	→	1KH	50Hz	5V
1kH	→	10KH	20Hz	5V
	→			

Test Conditions for Inductance Match Measurement

尽可能地，此表可用于所有的电感测试。电感范围的选择基于待测线圈电感的最小估值。

在选择测试条件时，还需要考虑以下潜在的问题：

电流水平

对于电压上限值的选择，保证在最小电感时电流最大值在 **100mA**。对于电压下限值的选择，上表中电压限制能保证电流不低于 **3μA**。在一些情况下，低电压时的电流可能使磁芯饱和。电压不能低于最低水平，以保证测试电流不至于太小而不能被感应测试到。

谐振频率

在较低的频率，线圈间的电容远大于电感，通常忽略。然而，在很高的频率时，并不是如此，电容占据主要地位而电感无法测量。谐振频率是这两个区域间的切换点。

通常要得到很好的电感测量效果，测试频率应低于变压器谐振频率的 **20%**。

通常大的电感值会有一个大的线圈间电容，因此会有一个较低的谐振频率。总之，选择较低的测试频率值，以最小化谐振频率带来的问题。

也请看

14.6.13 测试的推荐精度，以及

10.2.18 测试的精度规格

非线性电感

通常，电感测量应用于 B-H 特性为线性的变压器。

然而，电感测量，例如使用工频变压器，即使在低信号水平下，铁芯材料也是非线性的，则测量结果可能高度依赖于应用的测试信号。

当常识将阻抗电桥或元件测试仪上的测量值与使用 AT 系列测试仪进行的测量值进行比较时，可能存在一个问题。因为此类电桥中的测试信号通常在仪器内确定，并且通常处于固定频率和电压水平，该电压水平不能保证所有电感值都是恒定的。

通常，如果可以确定电桥的实际测试条件，然后将测试仪编程为在电感上提供相同的测试条件，则结果将一致。（另请参见以下关于选择等效电路引起的差异）。

等效电路

电感总是作为复阻抗的一部分进行测量；结果用串/并联等效电路表示。注意，对于任何给定线圈，两个电路的电感值不一定相同；在规定测试限值时，需要记住这一点。

7.18. C2 – 电容匹配

使用场景

线圈电容匹配测试是计算两个测试线圈间的电容的比例。通过施加一个设定的交流电压到两组独立的线圈，然后测量两组线圈间的电压和电流以得到一个复阻抗，计算得到电容。整个过程在两个测试线圈依次进行。

本项测试适合开关电源、音频和通讯变压器。检查线圈在骨架上的安装位置是否正确。

测试条件

计算电容匹配时，测试仪将执行两次电容测试。首先测试仪施加交流电压到第一组线圈间，通常每组线圈的所有端子都短接。然后使用谐波分析测量两组线圈间的电压和电流。电压除以电流得到跨线圈阻抗，然后计算得到电容。然后重复第二组线圈组。电容匹配就是第一组与第二组电容的比。

测试电压可以从 1mV 到 5V，频率从 20Hz 到 3MHz。

以下的表格对于不同的电容值给出了对应的测试条件：

Average Capacitance (Geometric Mean)			Preferred test signal	
			Frequency	Voltage
1pF	→	10pF	100KHz	5V
10pF	→	100pF	100KHz	5V
100pF	→	1nF	10KHz	5V
1nF	→	10nF	1KHz	5V
10nF	→	100nF	100Hz	5V

The Test Conditions for Capacitance Match Measurement

选择测试条件时，需要考虑以下潜在的问题：

电流水平

对于大电容，尤其是在高频时，测试时流过的电流可能会很大；类似的，对于小电容在低频和低压时，电流会很小。

尽可能地，使用以上表格推荐的测试信号以保证对流过的电流进行准确测量。

非线性电容

通常来说，非线性对于变压器的杂散电容来讲不是一个问题，因此尽可能的使用大电压来测量电容。

等效电路

与电感一样，电容是以复阻抗形式测量的，因此测试结果可以表示成串/并联等效电路。

如在本章 7.7 节提到过的，并联和串联等效电感值并不总是一样。电容同样如此，并联和串联等效电容值也是不一样的。

通常情况下，测试仪是以并联等效电路的方式测量电容。

这样不会有什么问题，因为对于大多数变压器，两个值的差别是很小的，可以忽略的。

也请看

14.6.14 测试的推荐精度，以及

10.2.18 测试的精度规格

7.19. GBAL – 通用纵向平衡

使用场景

通用纵向平衡测试旨在测量设计用于连接到平衡线路的变压器的共模抑制比。通过向变压器施加电压并测量产生的电压来计算共模抑制比，分别进行两次测量。为了克服测量 CMRR 的三种标准方法的差异，GBAL 对话框中有一组单独的端子 X 和 Y，分别用于第一次和第二次测量。理想的测量方法是 LBAL 测试，Voltech 为该测试提供单独的测试。本试验适用于音频和通讯变压器，并检查变压器的有效共模抑制比。

测试条件和类型

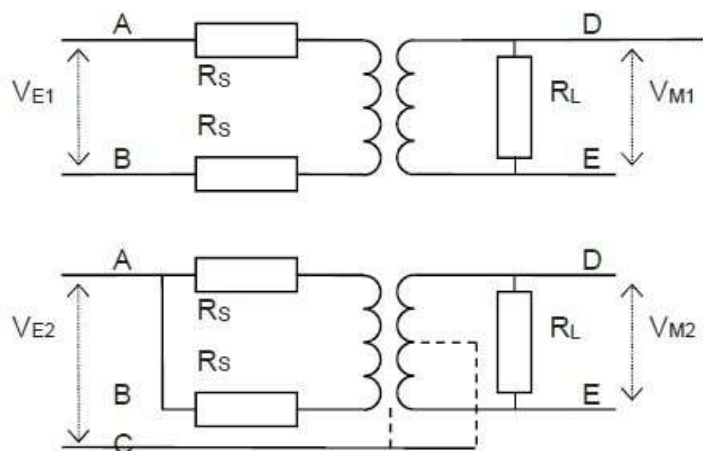
很遗憾，我们发布了几种测量纵向平衡的规范。它们都不相同，并且对于同一变压器也可能会产生不同的结果。

为了让每个用户都可以选择理想的测试方法，GBAL 测试的配置具有极大的灵活性。因此，它由用户编辑的两个单独的测量值组成，测试结果是两个测量值之间的比，以 dB 表示。

操作

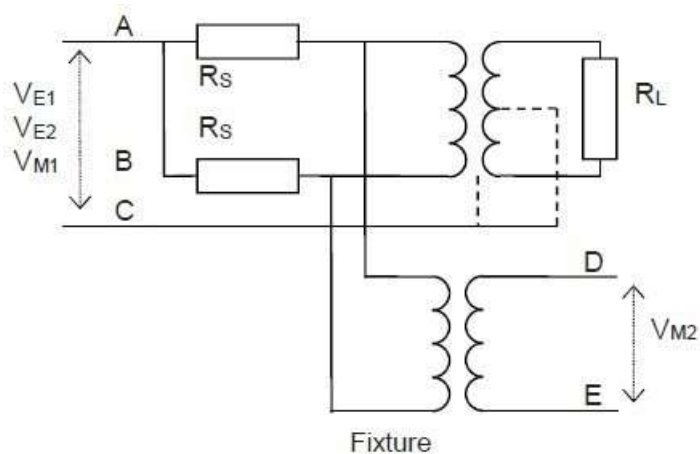
出于上述原因，该测试由两个单独的用户编辑的测量组成，每个都有自己的 Energized 端和 Measured 端。下面结合三种标准方法对该方法进行了说明：

1) 推荐方法（LBAL 测试，很多变压器制造商都在使用）



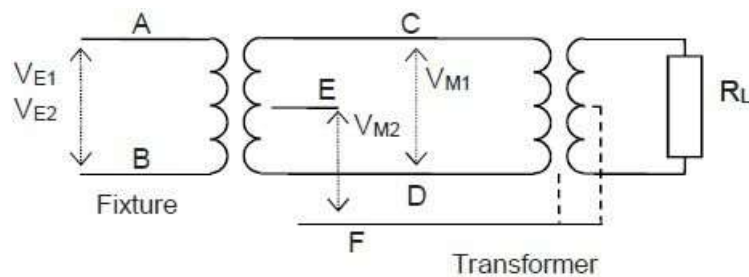
Measurement				
	Energized		Measured	
	Hi	Lo	Hi	Lo
1	A	B	D	E
2	A+B	C	D	E

2) IEEE 455 方法（加拿大、欧洲以及其他地区使用）



Measurement				
	Energized		Measured	
	Hi	Lo	Hi	Lo
1	A+B	C	A	C
2	A+B	C	D	E

3) FCC 68.310 方法（美国使用）



Measurement				
	Energized		Measured	
	Hi	Lo	Hi	Lo
1	A	B	C	D
2	A	B	E	F

信号源与负载电阻（和 IEEE 与 FCC 方法中使用变压器治具）假定在治具上，但不会显示在编辑器软件的原理图上。它们必须通过在 GBAL 测试前的 OUT 测试切入线路。（继电器矩阵用于切入和移除电阻，电阻不在 GBAL 测试对话中有两个原因：a）会使对话框太复杂，b）不是总需要的-如有的治具有电阻固定在线路中）

在两次测量完成后，纵向平衡通过两个结果的比值计算得到：

$$\text{GBAL} = 20 \log | \text{VM1} / \text{VM2} |$$

+ （可选）治具补偿

也请看

14.6.15 测试的推荐精度，以及

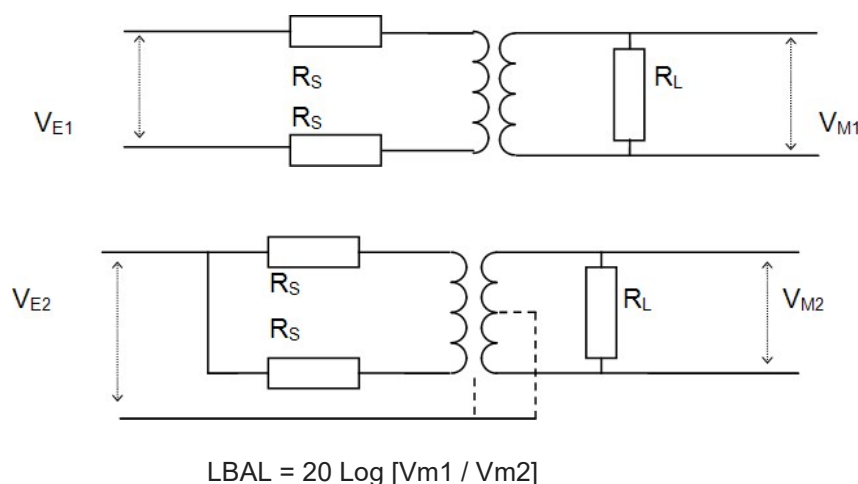
10.2.19 测试的精度规格

7.20. LBAL – 纵向平衡

使用场景

纵向平衡测试是 Voltech 测量设计用于连接到平衡线路的变压器的共模抑制比的推荐方法。通过两次向变压器施加电压并测量产生的电压来计算共模抑制比。此项测试适用于音频和电信变压器，并检查变压器的有效共模抑制比。

测试条件



源电阻和负载电阻假定位于治具上，但并未显示在编辑器接线图上。在 LBAL 测试之前，必须在程序中插入 OUT 测试，然后将其切换到电路中。（用于切入和移除治具电阻相关的继电器模式，是故意不包括在 LBAL 测试对话中，原因有二：a）这会使对话过于复杂，b）并不总是必要的 - 例如，治具电阻已安装在电路的治具中）。

该测试包括两个测量：a）将输入用作差分信号，以及 b）将输入用作相对于公共端 Lo 的共模电压，该低点可以是次级线圈、变压器铁芯或线圈间屏蔽的中心抽头。在每种情况下，测量输出，并根据两个输出的比值计算纵向平衡。

也请看

14.6.16 测试的推荐精度，以及

10.2.20 测试的精度规格

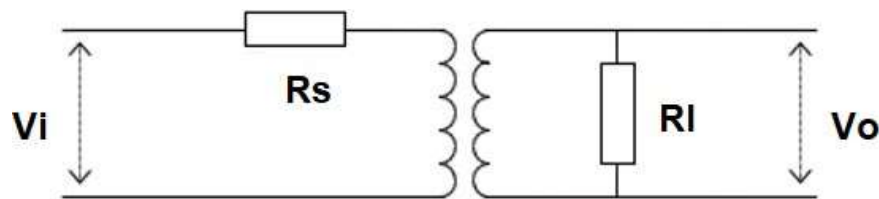
7.21. ILOS – 插入损耗

使用场景

插入损耗测试是测量变压器向负载输送的输出功率，相对理论上可用的最大功率。向输入线圈施加电压，测量输入/输出电压来计算损耗。

本项测试适用于音频和通讯变压器，并检查变压器在使用时的实际损耗。

测试条件



$$ILOS = 10 \text{ Log } [(V_i * V_i * R_L) / (4 * V_o * V_o * R_s)]$$

源电阻和负载电阻假定位于治具上，但并未显示在编辑器接线图上。

在 ILOS 测试之前需要插入 OUT 测试将其切换到电路中。

当然，ILOS 可以永久安装在电路中。但可能会影响其他测试，最明显的是 DCR。请参阅后面的编程/治具提示部分。

该项测试是将测试电压施加到输入线圈上，并在输入和输出线圈上测量电压。

根据输入和输出电压的比值以及电阻值（由用户在测试对话框中指定），计算插入损耗。

也请看

14.6.17 测试的推荐精度，以及

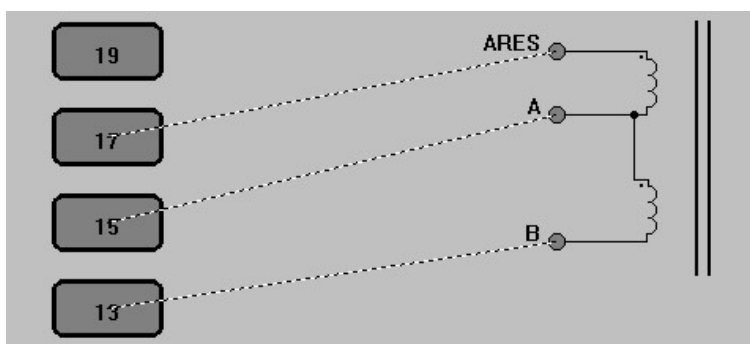
10.2.20 测试的精度规格

7.21.1. 使用源电阻的治具和编程提示

源电阻和负载电阻的使用显然会对您的其他测试造成影响，在调整已知配置和负载的适当限值时可以考虑这一点。

当然，您也可以构建治具，以使用两个 **AT** 节点连接来连接到一个变压器引脚：一个带电阻，另一个不带电阻。

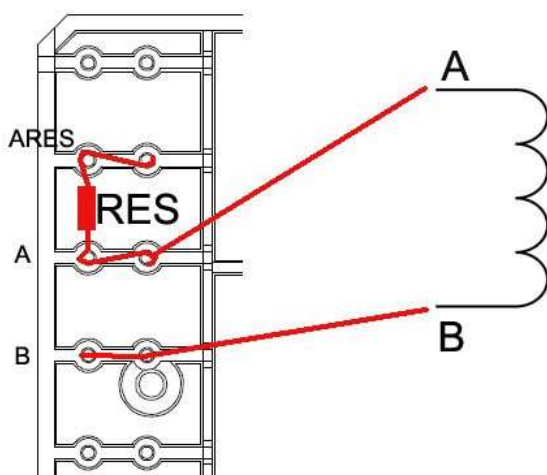
参考以下电感 **A - B** 的简单示例。图中添加了额外的虚拟 **ARES** 线圈。绕组。这表示与 **AT** 节点串联的电阻连接到端子 **A**。



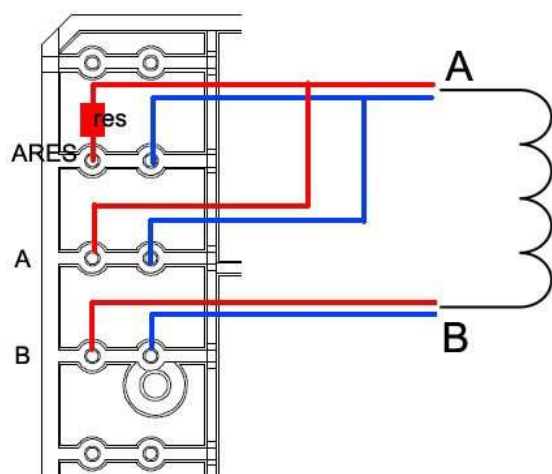
2-线连接

在简单的 2 线连接中，您需要构建一个治具如下所示。电阻测试使用的是 **ARES - B**。

当然，您仍然可以使用实际的 **A - B** 对电感直接进行 **DCR** 测量。



4-线连接



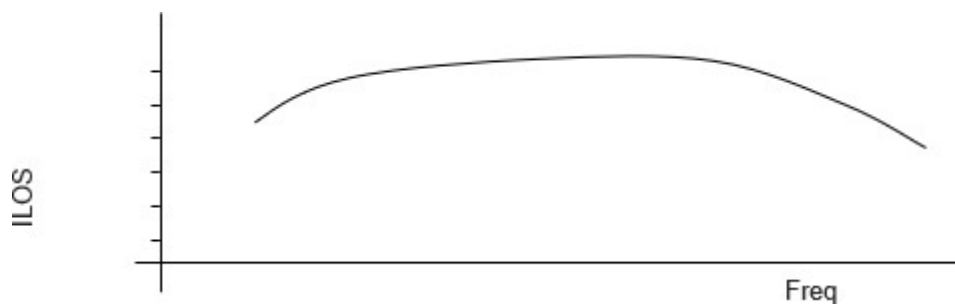
如果您希望保持 A 和 B 的完全 4 线连接，则可以使用上述接线方式。

7.22. RESP – 频率响应

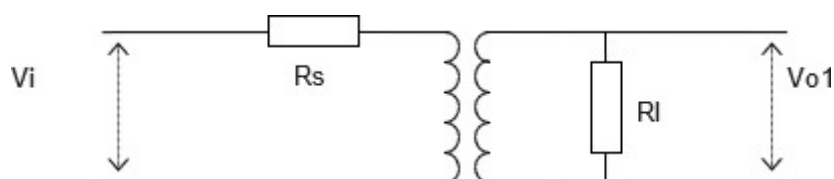
使用场景

频率响应测试，RESP，可以用于检查通讯或音频变压器在一个指定的频率范围内功率损耗小于指定的范围。

测试条件



RESP 测试由一系列反复的在不同频率范围的插入损耗(ILOS)测试组成。



所示电阻安装在测试治具上，在进行电阻和电感等其他测量时应断开电路。这可以通过治具上安装继电器，并使用 OUT 测试在测试程序中的适当位置进行切换。

第一次 ILOS 测试是在参考频率下进行的，该频率通常接近频率带的中间值。此测试的结果为 0 dB 参考值。然后在用户选择的频率下进行进一步的 ILOS 测试，测试结果对比参考 dB 水平。

如果所有参考的 ILOS 结果都处于或在规定的限值内，则 RESP 测试的结果是最接近限值的首选 ILOS 结果。如果任何参考的 ILOS 结果超出规定限值，则 RESP 结果是距离限值最远的首选 ILOS 结果。

也请看

14.6.18 测试的推荐精度，以及

10.2.21 测试的精度规格

7.23. RLOS – 回波损耗

使用场景

回波损耗测试测量变压器和定义阻抗的传输线之间的阻抗匹配程度。它被定义为：

$$RLOS = 10 \text{ LOG } [(\text{Incident Power}) / (\text{Reflected Power})]$$

因此，理想的变压器将具有较大的 RLOS 值。

对于 AT5600，RLOS 是通过测量通电线圈上的复阻抗（ Z_l ）和次级线圈上的指定参考（ Z_r ）阻抗来计算的。

本项测试适用于音频和通讯变压器，并检查应用中变压器的有效输入阻抗。

测试条件



$$RLOS = 20 \log (| Z_r + Z_l | / | Z_r - Z_l |)$$

假设负载电阻位于治具上，但并未显示在编辑器原理图上（尽管其实值和虚值必须作为测试编程的一部分输入）。。

在 RLOS 测试之前，必须在程序中插入 OUT 测试，才能将其切换到电路中。

也可以将电阻永久安装在电路中的情况下使用治具，但这当然会影响其他测量（最明显的是，次级上的 DCR），但这是可行的，可以适当调整限值以适应此情况。

将测试电压施加到输入线圈上，并测量电压和电流。根据测量结果和参考阻抗值（由用户在测试对话框中指定），计算回波损耗。

使用的阻抗很复杂，其中：

$$Z_R = R_R + j X_R$$

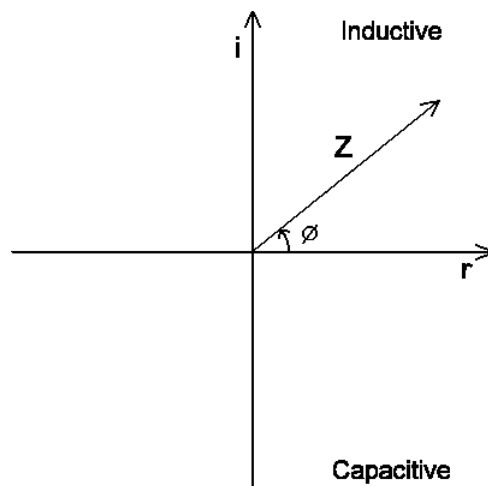
$$Z_\ell = R_\ell + j X_\ell$$

也请看

14.6.19 测试的推荐精度，以及

10.2.22 测试的精度规格

7.24. ANGL – 阻抗相角



使用场景

阻抗相位角测试测量阻抗向量 Z 的相角 ϕ ，如图所示。

它表示流经线圈的基波电流与流经线圈的基波电压之间的相位差。

本项测试通常用于音频和通讯变压器以及 Z 测试，以检查变压器输入和输出的复阻抗。

测试条件

在被测线圈上施加交流电压，通过测量测试电压和电流来确定复阻抗。

要设置测试电压或电流，您需要知道测试频率下线圈的预期阻抗。

从下表中选择测试电压或电流；找到线圈的正确阻抗范围，并读取测试电压或电流。

电感部分将返回正相角，电容部分将返回负相角。

Impedance Range	Test Voltage	Test Current
1 M Ω to 100 k Ω	5 V	-
100 k Ω to 10 k Ω	5 V	30 μ A
10 k Ω to 1 k Ω	5 V	300 μ A
1 k Ω to 100 Ω	3 V	3 mA
100 Ω to 10 Ω	0.5 V	10 mA
10 Ω to 1 Ω	100 mV	50 mA
1 Ω to 100 m Ω	10 mV	50 mA
100 m Ω to 10 m Ω	1 mV	50 mA
10 m Ω to 1m Ω	-	50 mA

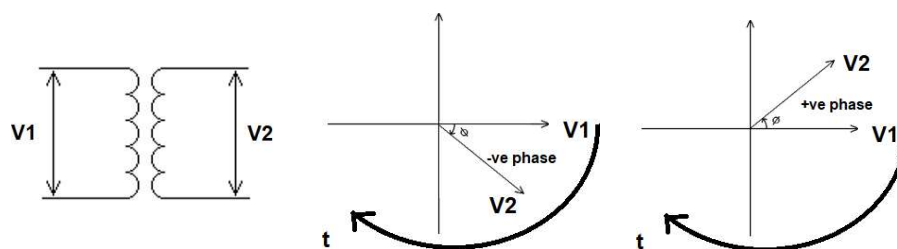
也请看

14.6.20 测试的推荐精度，以及

10.2.24 测试的精度规格

7.25. PHAS – 线圈间的相角

使用场景



本项测试适用于大多数类型的变压器，但对于线频变压器的线圈间相角测试而言并不常见。

当放置在传输线中时，它对于确定音频和通讯变压器的相位效应非常有用。

当 V2 落后 V1 时，结果将为负相位，反之亦然。

测试条件

编辑测试时，可以从下表格中选择测试电压。

选择通电线圈时，检查变压器中此线圈与任何线圈间有没有大的圈比，因为这会导致测试中产生高压。如有这样的情况，请选择有最多匝数的线圈作为通电线圈。

Impedance of Energized Winding Max	Impedance of Energized Winding Min	Test Voltage
1 M Ω	100 k Ω	5 V
100 k Ω	10 k Ω	5 V
10 k Ω	1 k Ω	5 V
1 k Ω	100 Ω	3 V
100 Ω	10 Ω	0.5 V
10 Ω	1 Ω	100 mV
1 Ω	100 m Ω	10 mV
100 m Ω	10 m Ω	1 mV

返回约定的测试结果

对于阶段测试，AT返回结果的约定取决于您请求的限值的平均值。

计算最小和最大限值的平均值，结果将在范围（平均值-180 Deg）和（平均值+180 Deg）内表示。

例如：

A, 如果限值为 -5 Deg 至 +5 Deg，则平均值为 0 Deg，结果将在 -180 Deg 至 180 Deg 范围内。

B, 如果限值为 85 Deg 至 95 Deg，则平均值为 90 Deg，结果将在 -90 Deg 至 +270 Deg 的范围内。

C, 如果限值为 40 Deg 至 60 Deg，则平均值为 50 Deg，结果将在 -130 Deg 至 +230 Deg 的范围内。

也请看

10.2.25 测试的精度规格

7.26. OUT – 输出到用户端

使用场景

OUT 测试用于程序中需要额外切换（由 AT 控制的节点除外）的部分。

测试仪的用户端口由 6 个继电器驱动输出组成。OUT 测试允许对用户端口继电器驱动输出进行编程，作为测试程序的一部分执行额外的继电器切换。

例如，变压器有两个独立的初级线圈。可以使用 OUT 测试将它们串联，使它们可以作为一个单独的初级线圈，以双倍的工作电压进行测试。

又例如，切换安装在测试治具上的额外电阻，可以使带有负载的次级线圈的变压器进行测试。

定义测试条件

用户端输出

每个继电器驱动输出（标号为 0-5）是一个集电极开路输出，可以按需要设定 **On** 或是 **Off**：

On = 与地连接（0V）

Off = 开路（悬空）

注意：

测试仪启用OUT测试时，才可以对继电器驱动器设置。

所有的设置会一直持续，直到下一个 OUT 测试。

因此，如果测试程序中只有一个部分需要设置，那么就需要两个 OUT 测试，第一个 OUT 用于打开继电器驱动，第二个 OUT 用于把它们关闭。

也请看

14.6.22 测试的推荐精度

7.27. IR – 绝缘电阻

使用场景

建议对大多数变压器进行绝缘电阻检查，以检查单独线圈之间或线圈与绝缘层之间绝缘的完整性。

如果线圈隔离是变压器功能的一部分，但不是安全要求的一部分，则应使用高压（EHT）测试。

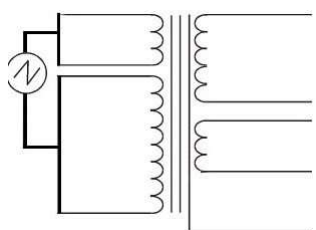
因此，可在两个初级线圈之间或两个次级线圈之间使用。带有用于附加安全故障保护的绝缘的变压器也可从次级线圈和绝缘层之间的IR测试中受益。

虽然它在概念上可能与 HPDC 或 HPAC 测试相似，但在细微的方面有所不同。IR 测试没有缓升或持续时间的概念，因此执行速度更快。

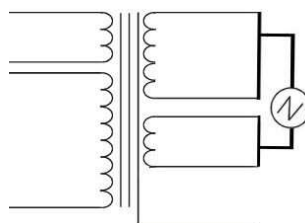
HPAC / HPDC 测量电流时，可能会超出测量极限（或飞弧），通常用于检测飞弧。IR 给出的读数可以更可靠地保证绝缘层的寿命，即使它通过了 HPDC 测试。

IR 测试的通用行业标准是在直流 500V 下进行，但如果需要，AT5600 允许直流 100V-7000V。

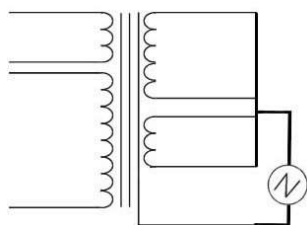
多线圈变压器的使用示例



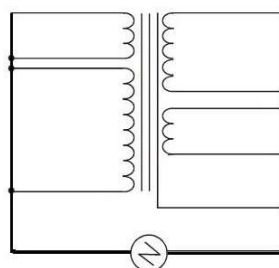
IR1 – Pri A to Pri B @ 500V



IR2 – Sec A to Sec B @ 500V



IR3 Sec A+B to Screen @500V



HPAC – Pri A+B to Sec A + B + Screen @2500V

测试条件

测量绝缘电阻，测试仪在两组线圈之间施加直流电压，每组线圈短接在一起。每组可包含任意数量的线圈。

测量电压和电流：电压除以电流得出绝缘电阻。

您还可以命令测试仪在测试运行开始时进行治具补偿。这样做，可以将测试仪从后续测量中减去治具引起的误差，以获得更准确的结果。

测试电压的范围从 100V 到 7kV 。

然而，通常情况下，执行测试的电压需要略高于线圈上最高峰值工作电压两倍。因此，例如，为了检查工频变压器两个初级线圈之间的绝缘程度，该变压器的工作电压是 240V，因此 800V 将是一个合适的测试信号。

定义测试限值

虽然测试仪可测试的绝缘阻抗超过 $1\text{G}\Omega$ ，但是没有必要设定如此高的值来检查线圈的绝缘性。

在许多情况下，设定一个较低的值将会加快测试的执行。通常， $100\text{M}\Omega$ 可以适用于大多数的应用。

多线圈变压器或大型变压器的最佳操作

任何 HPAC、HPDC 或 IR 测试后，仪器内部装置将关闭信号源，并切换内部放电电阻，以消除测试中使用的任何线圈上的任何潜在电压。

对存在的任何电压进行监测，直到其衰减，然后继电器打开，为下一项测试做好准备。这在 9.2.3 “电压存在的误差” 中有定义。

在高压试验中如有一组线圈未使用（或绝缘层或磁芯连接）的大型变压器上，则这些线圈对地保持悬空。

由于受控放电仅适用于测试中使用的节点，这些未使用的节点可能处于危险状态，尤其是当产品较大或电容性较高时。

因此，最好的办法是在高压测试中使用所有可用节点。
通常，选择要测试的线圈为 HI，所有其他线圈为 LO。

这确保了整个变压器在测试期间受到电气控制，并在测试后完全放电。这可防止 AT 中的继电器热切换，如果留下残余电压，则可能会影响后续测试。

也请看

14.6.23 测试的推荐精度，以及

10.2.11 测试的精度规格

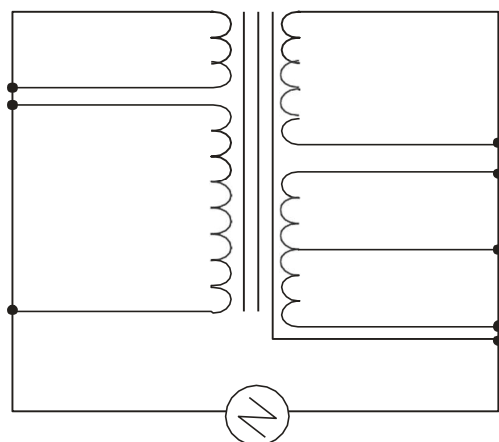
7.28. HPDC – 直流耐压（超高压）

使用场景

高压或超高压测试（检查线圈之间或线圈与屏蔽层或铁芯之间的绝缘击穿）通常用于安全重要应用中的电力线变压器或开关模式电力变压器。通常在连接的所有初级线圈和所有初级线圈以及连接的屏蔽层之间执行。

当变压器具有较高的自然电容时，最好采用直流高压，因此 HPAC 测试，尤其是在较高电压下，会产生过多电流。

但是，HPDC 测试适用于所有变压器。



定义测试

测试期间，在两组线圈之间施加直流电压，每组线圈短接在一起。在整个持续时间内，对电压和电流进行监控；如果测试电压无法保持或电流过大，则会记录故障。

编辑测试程序时，您可以选择电压（从 100V 到 7KV）、当前跳闸电平（1 μ A 至 3mA），以及缓升和持续时间，所有这些都符合被测变压器的规格。

许多变压器规范要求 60 秒的持续时间内进行高压测试。虽然变压器的设计和构造必须满足这一要求，但通常的做法是减少生产测试的持续时间。

IEC 742 认可这一点，允许生产测试的持续时间为 2 秒。虽然 IEC 742 没有要求，但在进行缩短时间测试时，最好将测试电压增加 10%，以提供额外的测试安全性。

IEC 742 已被 IEC 61558 取代，该标准规定生产测试时间为 1 秒。有关详细信息，请访问 IEC 网站（<http://www.iec.ch>）。

多线圈变压器或大型变压器的最佳操作

任何 HPAC、HPDC 或 IR 测试后，仪器内部装置将关闭信号源，并切换内部放电电阻，以消除测试中使用的任何线圈上的任何潜在电压。

对存在的任何电压进行监测，直到其衰减，然后继电器打开，为下一项测试做好准备。这在 9.2.3 “电压存在的误差”中有定义。

在高压试验中如有一组线圈未使用（或绝缘层或磁芯连接）的大型变压器上，则这些线圈对地保持悬空。

由于受控放电仅适用于测试中使用的节点，这些未使用的节点可能处于危险状态，尤其是当产品较大或电容性较高时。

因此，**最好的办法**是在高压测试中使用所有可用节点。
通常，选择要测试的线圈为 HI，所有其他线圈为 LO

这确保了整个变压器在测试期间受到电气控制，并在测试后完全放电。这可防止 AT 中的继电器热切换，如果留下残余电压，则可能会影响后续测试。

也请看

14.6.24 测试的推荐精度，以及

10.2.12 测试的精度规格

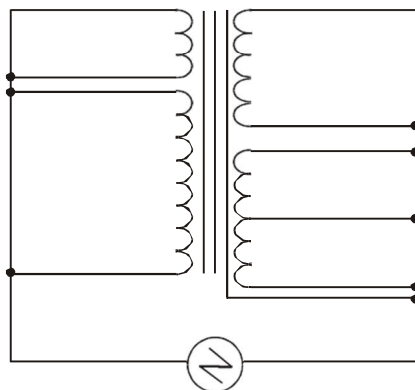
.

7.29. HPAC – 交流耐压（超高压）

使用场景

高压或超高压测试（检查线圈之间或线圈与屏蔽层或铁芯之间的绝缘击穿）通常用于安全重要应用中的电力线变压器或开关模式电力变压器。

通常在连接的所有初级线圈和所有初级线圈以及连接的屏蔽层之间执行。



定义测试

测试期间，在两组线圈之间施加交流电压，每组线圈短接在一起。在整个持续时间内，对电压和电流进行监控；如果测试电压无法保持或电流过大，则会记录故障。

在编辑测试程序时，您可以选择电压（从 100V 到 5kV）、频率（全电压下为 50Hz/60Hz，或降低电压时最大可达 1kHz）、当前跳闸水平（10 μ A 至 30mA），以及缓升和持续时间，所有这些都符合被测变压器的规格。

许多变压器规范要求 60 秒的持续时间内进行高压测试。虽然变压器的设计和构造必须满足这一要求，但通常的做法是减少生产测试的持续时间。

IEC 742 认可这一点，允许生产测试的持续时间为 2 秒。虽然 IEC 742 没有要求，但在进行缩短时间测试时，最好将测试电压增加 10%，以提供额外的测试安全性。

IEC742 已被 IEC61558 取代，该标准规定生产测试时间为 1 秒。有关详细信息，请访问 IEC 网站（<http://www.iec.ch>）。

在高压测试期间，持续监测和调整功率，以提供正确的输出。如果无法保持编程额输出电压，测试仪将自动显示“**FAIL**”，点亮红色指示灯，向服务器返回“**FAIL**”（如果使用），并鸣响警告蜂鸣器（如果启用）。该方法符合 EN61558-1（1998）、UL1411、第 5 版等的生产要求。

多线圈变压器或大型变压器的最佳操作

任何 HPAC、HPDC 或 IR 测试后，仪器内部装置将关闭信号源，并切换内部放电电阻，以消除测试中使用的任何线圈上的任何潜在电压。

对存在的任何电压进行监测，直到其衰减，然后继电器打开，为下一项测试做好准备。这在 9.2.3 “电压存在的误差”中有定义。

在高压试验中如有一组线圈未使用（或绝缘层或磁芯连接）的大型变压器上，则这些线圈对地保持悬空。

由于受控放电仅适用于测试中使用的节点，这些未使用的节点可能处于危险状态，尤其是当产品较大或电容性较高时。

因此，**最好的办法**是在高压测试中使用所有可用节点。通常，选择要测试的线圈为 HI，所有其他线圈为 LO。

这确保了整个变压器在测试期间受到电气控制，并在测试后完全放电。这可防止 AT 中的继电器热切换，如果留下残余电压，则可能会影响后续测试。

也请看

14.6.25 测试的推荐精度，以及

10.2.13 测试的精度规格

7.30. SURG – 浪涌测试

使用场景

浪涌测试可用于检测线圈中相邻匝之间的短路。它适用于任何变压器，但特别适用于使用非常细导线的多匝变压器。细线具有双重失效可能性，因为它的珐琅质较薄，通常用于缠绕大量匝数—这种增加的长度和厚度使制造故障发生的可能性更大。

对于这种电线，搪瓷涂层非常薄，有被划伤的危险，从而导致铜外露。在某些情况下，划痕不会立即导致短路，但会留下一个隐患，最终导致会失败。使用高于正常值的测试电压来帮助查找以后使用时可能出现的故障。

测量方法

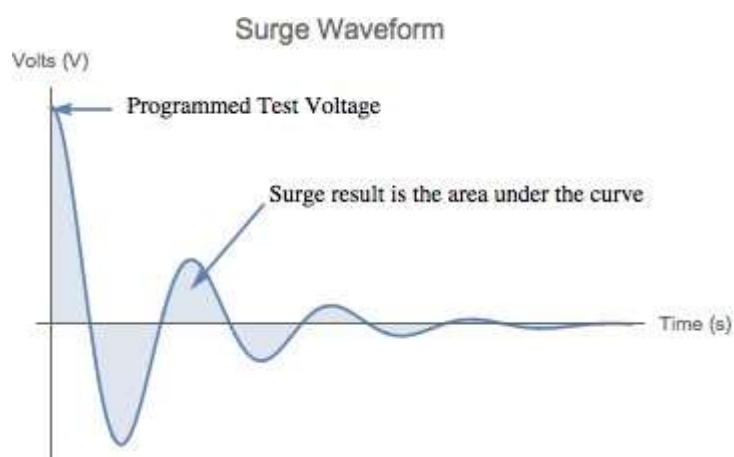
每个 SURG 测试可包含许多直流脉冲。

建议在读取最后一次脉冲读数之前，使用少量脉冲（通常为3次）对铁芯消磁。

更多脉冲也有助于发现不良的导线绝缘。

对于多个脉冲，AT5600 将返回所有设定脉冲的最低结果。

对于每个脉冲，AT5600 将内部电容充电至设定的测试电压。然后，储存的直流电荷将瞬间放电到产品线圈中，并分析产生的瞬态电压。浪涌的结果是波形曲线下的面积。典型的瞬态波形如下所示。



瞬间值分析

在脉冲触发后的衰减阶段，AT5600 同时测量瞬态电压幅值和衰减时间。

交流波形（以及频率/振幅/衰减率）是产品和用于放电直流峰值的 AT5600 电容特性的函数。

显然，一个没有损耗或电阻的理想电感会无限期地共振。

一个好的“真实”变压器将有一个干净且持续的瞬态，并具有较长的衰减期。

匝数短路的不良变压器将具有衰减时间较短的严重阻尼响应。

进行的测量是为了计算衰减瞬态图形图下方的“面积”。

对于所使用的计算，负峰值和正峰值都会添加到总面积（以伏秒为单位）中。对于匝数短路的问题线圈，测量的面积要小得多。

定义测试限值

通过理论计算预测曲线下的伏-秒“面积”是很难的，因此应根据已知良好产品的测量值计算限值。建议的方法是使用测量模式（见第 14.6.26 章）获取一些值。

过程如下：

1. 测量已知完好变压器上的面积；将此结果设为面积 A_G 。
2. 在铁芯周围再绕一圈，将两端短接在一起，重新测量浪涌；视这个结果为面积 A_F 。
3. 设置限值如下：
4. 最大面积 = $3A_G/2$
5. 最小面积 = $(A_G + A_F)/2$

由于这些限值仅取自一台变压器，因此在对更多变压器进行测试后，可能需要对其进行修正。

使用 SURG 测试的注意事项和提示

即使通电脉冲施加到一个线圈上，也需要注意，该电压将以相同的电压/匝比感应到被测变压器上的所有线圈上。

为防止损坏产品或 AT5600，应始终对匝数最大的线圈进行 SURG 测试。还应检查将通电的其他线圈的设计是否能够承受感应电压。

还需要注意的是，测试的伏-秒数值结果是整个变压器的特性，而不仅仅是通电线圈的特性。浪涌测试可以测试变压器上的所有线圈。

还请注意，如果 LS 电感低于 125 μH ，则最大浪涌信号取决于产品的电感。请参见第 10.2.17 章了解更多。

也请看

14.6.26 测试的推荐精度，以及

10.2.17 测试的精度规格

7.31. WATT – 功率

使用场景

WATT 测试是变压器空载时，通电线圈输入功率的测量。

WATT 测试是检查铁芯和磁性连接的理想测试，通常用于工作频率为 50Hz 左右的铁芯变压器。

该测试测量铁芯涡流、铁芯磁滞损耗和被测线圈直流电阻引起的所有损耗。

应该注意的是，如果在 MAGI 和 VOC 测试之后添加 WATT 测试，且使用相同的测试信号和测试节点，则不会有时间损耗，因为前面两个测试已经进行了测量。

测试条件

WATT 测试期间，用户设定的恒定交流电压施加在相关线圈上。测试期间，所有其他线圈保持开路。

AT5600 测量通过线圈的电压和电流。功率是电流和电压同相分量的乘积。

如果在程序中，WATT 测试遵循具有相同测试条件（电压和频率）的 VOC 或 MAGI 测试，并应用于同一线圈，则可以重复使用先前测试的测量结果，从而节省程序执行时间。

测试信号的频率范围从 20Hz 到 1.5KHz，电压范围从 1V 到 270V，功率最大可达 25W。

也请看

14.6.27 测试的推荐精度，以及

10.2.15 测试的精度规格

7.32. WATX – 功率（外部源）

使用场景

WATT 测试是在其他线圈开路的情况下，测量通电线圈的功率，通常为初级线圈。通常将测试信号配置为变压器的正常工作条件，以确定变压器通电所需的功率。

此测试使用外部电源提供测试信号，测试信号必须通过 **Voltech** 交流电源接口耦合到测试仪（有关详细信息，请联系您的供应商）。有关如何配置用于 **AT5600** 的外部交流电源的详细信息，请参阅 **AC Interface** 用户手册。

该测试适用于工频变压器（25 - 400Hz），并检查变压器中的空载损耗。

测试条件

WATT（外部源）测试期间，用户设定的恒定交流电压施加在相关线圈上。测试期间，所有其他线圈保持开路。

AT5600 测量通过线圈的电压和电流。功率是电流和电压同相分量的乘积。

如果在程序中，WATX 测试遵循具有相同测试条件（电压和频率）的 **VOCX** 或 **MAGX** 测试，并应用于同一线圈，则可以重复使用先前测试的测量结果，从而节省程序执行时间。

测试信号的频率范围从 20Hz 到 5KHz，电压范围从 5V 到 600V，具体取决于所用外部电源的类型。单个交流电源接口的额定电流为 10A。另外，请参阅 WATT 测试，该测试使用 AT5600 内部发电机，可提供高达 270V 25W 的交流电。

调整需求电压（外部源为升压变压器）

当 AC Interface 和升压变压器配合使用时，AT5600 使用 D 类驱动器（用于 VOC MAGI WATT 和 STRW 测试），并设置为使用外部源。AT5600 根据所需电压和升压变压器的比值，计算所需的电压标称值，从而获得目标值。然后 AT5600 将尝试微调以获得所需的准确值。

如果出现以下两种情况，AT将报告调整故障（0020）：

如果微调要求偏离标称值60%以上（即标称值100V，但微调要求超过160V 或小于 40 V）。

如果调整需求超过230V。

也请看

14.6.28 测试的推荐精度，以及

10.2.16 测试的精度规格

7.33. STRW – 压迫功率

使用场景

STRW 测试通过测量通电线圈（通常是初级线圈）的功率来测试变压器的绝缘击穿，其它线圈开路。该测试在设定的时间内施加电压，通常为正常工作电压的两倍（与 WATT 测试不同），并持续测量功率，通过测量值的变化确定任何击穿。

本项测试适用于超小型工频、大型工频以及部分高频变压器。它检查匝间绝缘、磁性材料和连接的完整性。

测试条件

在被测线圈上施加恒定电压源。测量电压的有效值和功率。如有必要，可将电压调整至用户指定值，并重复测量。重复多次测量，直到设定的持续时间。最后的结果就是测得的功率。

通常，测试条件应为工作电压和频率的两倍，其目的是找到漆包线的潜在缺陷并击穿。通过增加测量功率来检测该问题。

注意：本项测试的最大功率为25W。

也请看

14.6.29 测试的推荐精度，以及

10.2.15 测试的精度规格

7.34. STRX – 压迫功率（外部源）

使用场景

STRX 测试通过测量一个通电线圈（通常是一次线圈）的功率，在其余线圈开路的情况下，测试变压器的线圈绝缘击穿情况。该测试应用外部交流电源的电压（通常为正常工作电压和频率的两倍），并测量所消耗的功率。

此测试使用外部电源提供测试信号，测试信号必须通过 **Voltech** 交流电源接口耦合到测试仪（有关详细信息，请联系您的供应商）。有关如何配置用于 **AT5600** 的外部交流电源的详细信息，请参阅 **AC Interface** 用户手册。

此测试适用于大型工频以及部分高频变压器。它在高于正常工作电压的情况下检查匝间绝缘、磁性材料和连接的完整性。

测试条件

在被测线圈上施加恒定电压源（外部源）。测量电压的有效值和功率。如有必要（取决于使用的电源类型），可将电压调整至用户指定值，并重复测量。重复多次测量，直到设定的持续时间。最后的结果就是测得的功率。

该测试可通过以下方式检测线圈绝缘缺陷：

- 通过增加电压（每圈增加电压）对绕组绝缘施加压力。
- 按照电压增加的比例增加频率，确保变压器的磁芯在正常工作电压和频率下的相同状态下运行。— 磁芯损耗保持不变。
- 在电压和频率升高的情况下测试时，所消耗的功率显著增加，表明线圈绝缘出现故障，但是在正常工作条件下是无法检测到。

测试信号的频率范围从 20Hz 到 5KHz，电压范围从 5V 到 600V，具体取决于所用外部电源的类型。单个交流电源接口的额定电流为 10A。另外，请参阅 **STRW** 测试，该测试使用 **AT5600** 内部发电机，可提供高达 270V 25W 的交流电。

调整需求电压（外部源为升压变压器）

当 AC Interface 和升压变压器配合使用时，AT5600 使用 D 类驱动器（用于 VOC MAGI WATT 和 STRW 测试），并设置为使用外部源。AT5600 根据所需电压和升压变压器的比值，计算所需的电压标称值，从而获得目标值。然后 AT5600 将尝试微调以获得所需的准确值。

如果出现以下两种情况，AT 将报告调整故障（0020）：

如果微调要求偏离标称值 60% 以上（即标称值 100V，但微调要求超过 160V 或小于 40 V）。

如果调整需求超过 230V。

也请看

14.6.30 测试的推荐精度，以及

10.2.16 测试的精度规格

7.35. MAGI – 磁化电流

使用场景

AT5600 提供了两种基本的替代方法来确认变压器组装、初级和次级匝数、磁芯磁性材料以及空气间隙是否正确。

MAGI 和 VOC 是工频变压器的首选测试，设计用于在 B-H 曲线的整个范围内运行，包括非线性区域。这些允许您在预期的电压和频率下测试操作，而不是通过使用传统的 5V LCR 表来了解性能。

（对于其他变压器，如脉冲变压器和开关电源中使用的变压器，电感和圈比是首选测试。）

测试条件

测量磁化电流时，通常编辑测试在最低工作频率下向初级线圈施加最高工作电压。

对于初级线圈分裂的变压器，与两个串联线圈相反，只需对其中一个初级线圈通电即可同样顺利地进行试验。单线圈的预期电流将更大，与圈比成比例上升：

$$I_A = I_{AB} \times (N_{AB} / N_A)$$

这里：

I_A = 测试线圈 A 设定的电流

I_{AB} = 串联线圈 A 和 B 的电流

N_A = 线圈 A 的匝数

N_{AB} = 串联线圈 A 和 B 的匝数

（或者，上述公式也可以使用两个线圈的电压比代替圈比。）

原则上，您可以使用任何线圈或线圈的任何串联组合测量磁化电流，并根据上述公式调整电流限制，因为电流-匝数用来测量变压器产生磁通密度水平与使用哪个线圈无关。

实际上，磁化电流波形可能在测试电压接通后有一个瞬态分量，这就是涌流效应。

为了给您提供可重复和准确的结果，在任何瞬态稳定之前，测量不会开始。

此外，为了提高测试速度，AT5600 使用开关序列，该序列可将此类瞬态影响降至最低，并使变压器更快地进入稳定运行状态。

定义测试限值

AT5600 为您提供两种测试限值的方法：

- 使用真实有效值测量（最常用的方法）
- 使用缩放至正弦波有效值的平均值测量

但是，如果您的测试限值是通过之前在使用该技术的低成本万用表上进行的测量确定的，则更推荐第二种方法。

也请看

14.6.31 测试的推荐精度，以及

10.2.6 测试的精度规格

7.36. MAGX – 磁化电流（外部源）

使用场景

AT5600 提供了两种基本的替代方法来确认变压器组装、初级和次级匝数、磁芯磁性材料以及空气间隙是否正确。

磁化电流和开路电压是工频变压器的首选测试，设计用于在 B-H 曲线的整个范围内运行，包括非线性区域。

（对于其他变压器，如脉冲变压器和开关电源中使用的变压器，电感和圈比是首选测试。）

此测试使用外部电源提供测试信号，测试信号必须通过 **Voltech** 交流电源接口耦合到测试仪（有关详细信息，请联系您的供应商）。有关如何配置用于 AT5600 的外部交流电源的详细信息，请参阅 **AC Interface** 用户手册。

测试条件

测量磁化电流时，通常编辑测试在最低工作频率下向初级线圈施加最高工作电压。

对于初级线圈分裂的变压器，与两个串联线圈相反，只需对其中一个初级线圈通电即可同样顺利地进行试验。单线圈的预期电流将更大，与圈比成比例上升：

$$I_A = I_{AB} \times (N_{AB} / N_A)$$

这里：

I_A = 测试线圈 A 设定的电流

I_{AB} = 串联线圈 A 和 B 的电流

N_A = 线圈 A 的匝数

N_{AB} = 串联线圈 A 和 B 的匝数

（或者，上述公式也可以使用两个线圈的电压比代替圈比。）

原则上，您可以使用任何线圈或线圈的任何串联组合测量磁化电流，并根据上述公式调整电流限制，因为电流-匝数用来测量变压器产生磁通密度水平与使用哪个线圈无关。

实际上，磁化电流波形可能在测试电压接通后有一个瞬态分量。为了给您提供可重复和准确的结果，在任何瞬态稳定之前，测量不会开始。

测试信号的频率范围从 20Hz 到 5KHz，电压范围从 5V 到 600V，具体取决于所用外部电源的类型。单个交流电源接口的额定电流为 10A。另外，请参阅 MAGI 测试，该测试使用 AT5600 内部发电机，可提供高达 270V 25W 的交流电。

调整需求电压（外部源为升压变压器）

当 AC Interface 和升压变压器配合使用时，AT5600 使用 D 类驱动器（用于 VOC MAGI WATT 和 STRW 测试），并设置为使用外部源。AT5600 根据所需电压和升压变压器的比值，计算所需的电压标称值，从而获得目标值。然后 AT5600 将尝试微调以获得所需的准确值。

如果出现以下两种情况，AT将报告调整故障（0020）：

如果微调要求偏离标称值60%以上（即标称值100V，但微调要求超过160V 或小于 40 V）。

如果调整需求超过230V。

也请看

14.6.32 测试的推荐精度，以及

10.2.7 测试的精度规格

7.37. VOC – 开路电压

使用场景

AT5600 提供了两种基本的替代方法来确认变压器组装、初级和次级匝数、磁芯磁性材料以及空气间隙是否正确。

MAGI 和 VOC 是工频变压器的首选测试，设计用于在 B-H 曲线的整个范围内运行，包括非线性区域。VOC 优于 TR，因为处于 B-H 曲线的极限时，您仍可以在实际操作条件下测量。

（对于其他变压器，如脉冲变压器和开关电源中使用的变压器，电感和圈比是首选测试。）

显然，开路电压测试不能告诉您线圈的实际匝数，只能告诉您两个线圈之间的比率。因此，在您的程序中还应包括磁化电流测试，以确保绝对匝数和比率正确。

测试条件

开路电压是通过向选定线圈（通常为初级线圈）施加交流测试电压，并测量另一线圈上产生的电压。

如果要测试多个线圈，如果观察到以下几点，程序将更快地执行：

在程序中，请将所有开路电压（VOC）测试放在一起，进行连续 VOC 测试。

多个 VOC 测试，请使用相同的通电线圈，每次测试的测试电压和频率相同。

如果磁化电流（MAGI）测试具有相同的通电线圈和相同的测试电压和频率，那么在所有 VOC 测试之前进行 MAGI 测试。

定义测试限值

AT5600 为您提供了三种定义测试限值的方法：

使用正常交流（有效值）测量。

使用整流（平均值）测量。

使用直流（平均值）测量。

通常会使用交流（有效值）进行测试，但如果您需要测试带整流二极管的变压器，则可以使用整流（平均值）或直流（平均值）测量值。

为了获得最佳精度，直流测试结果为一个通电周期的平均值。

此外，如果需要，VOC 测试可用于测试线圈的极性（或相位）。

使用恒定电流的开路电压

VOC 测试还可以指定的测试条件为恒定的目标电流，而不是电压。

此时，AT EDITOR 对话框将要求输入标称电压。

AT 将此标称电压用作测试的起始点。AT5600 随后将进行电压微调，以获得所需的准确电流值。

如果出现以下两种情况，AT将报告调整故障（0020）：

如果微调要求偏离标称值60%以上（即标称值100V，但微调要求超过160V 或小于 40 V）。

如果调整需求超过270V。

中心抽头/自耦变压器的最佳操作 （适用于 TR、LVOC、VOC、VOCX 测试）

关于在测试自耦变压器或中心抽头时最小化共模效应的最佳实践建议，请参见第 7.13 章。

也请看

14.6.33 测试的推荐精度，以及

10.2.8 测试的精度规格

7.38. VOCX – 开路电压（外部源）

使用场景

AT5600 提供了两种基本的替代方法来确认变压器组装、初级和次级匝数、磁芯磁性材料以及空气间隙是否正确。

MAGI 和 VOC 是工频变压器的首选测试，设计用于在 B-H 曲线的整个范围内运行，包括非线性区域。

（对于其他变压器，如脉冲变压器和开关电源中使用的变压器，电感和圈比是首选测试。）

显然，开路电压测试不能告诉您线圈的实际匝数，只能告诉您两个线圈之间的比率。因此，在您的程序中还应包括磁化电流测试（MAGI 或 MAGX），以确保绝对匝数和比率正确。

此测试使用外部电源提供测试信号，测试信号必须通过 Voltech 交流电源接口耦合到测试仪（有关详细信息，请联系您的供应商）。有关如何配置用于 AT5600 的外部交流电源的详细信息，请参阅 AC Interface 用户手册。

测试条件

开路电压是通过向选定线圈（通常为初级线圈）施加交流测试电压（外部源），并测量另一线圈上产生的电压。

如果要测试多个线圈，遵循以下几点，程序将更快地执行：

- 在程序中，请将所有开路电压（VOCX）测试放在一起，进行连续 VOC 测试。
- 使用相同的通电线圈，每次测试的测试电压和频率相同。
- 如果磁化电流（MAGX）测试具有相同的通电线圈和相同的测试电压和频率，那么在所有 VOCX 测试之前进行 MAGX 测试。

测试信号的频率范围从 20Hz 到 5KHz，电压范围从 5V 到 600V，具体取决于所用外部电源的类型。单个交流电源接口的额定电流为 10A。另外，请参阅 MAGI 测试，该测试使用 AT5600 内部发电机，可提供高达 270V 25W 的交流电。

定义测试限值

AT5600 为您提供了三种定义测试限值的方法：

- 使用正常交流（有效值）测量。
- 使用整流（平均值）测量。
- 使用直流（平均值）测量。

通常会使用交流（有效值）进行测试，但如果您需要测试带整流二极管的变压器，则可以使用整流（平均值）或直流（平均值）测量值。

为了获得最佳精度，直流测试结果为一个通电周期的平均值。此外，如果需要，VOC 测试可用于测试线圈的极性（或相位）。

调整需求电压（外部源为升压变压器）

当 AC Interface 和升压变压器配合使用时，AT5600 使用 D 类驱动器（用于 VOC MAGI WATT 和 STRW 测试），并设置为使用外部源。AT5600 根据所需电压和升压变压器的比值，计算所需的电压标称值，从而获得目标值。然后 AT5600 将尝试微调以获得所需的准确值。

如果出现以下两种情况，AT 将报告调整故障（0020）：

如果微调要求偏离标称值 60% 以上（即标称值 100V，但微调要求超过 160V 或小于 40 V）。

如果调整需求超过 230V。

中心抽头/自耦变压器的最佳操作 适用于 TR、LVOC、VOC、VOCX 测试）

关于在测试自耦变压器或中心抽头时最小化共模效应的最佳实践建议，请参见第 7.13 章。

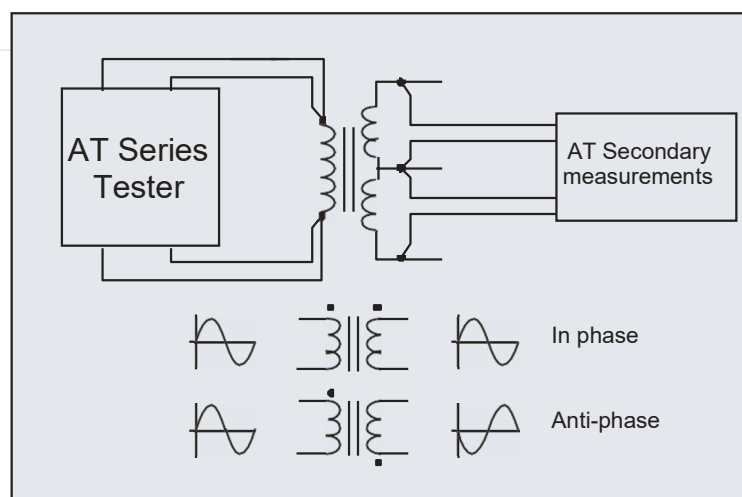
也请看

14.6.34 测试的推荐精度，以及

10.2.9 测试的精度规格

7.39. LVOC – 低压开路

Measurement Range	Test Voltage	Test Frequency	Basic Accuracy
100 μ V to 650V	1mV to 5V	20Hz to 3MHz	0.10%



使用场景

低压开路测试用于确认线圈之间的圈比，以及线圈的相位是否正确。本测试用于信号、脉冲和开关模式电力变压器，其中正常工作条件下 B-H 曲线的偏移较小，从不超出线性区域。在 AT5600 上，高压开路测试（VOC 或 VOCX）可用于测试线路频率变压器的工作点（最高可达 270V/1kHz/2A）。如果您是想要测量电压比而不是电压，请参阅 TR – 圈比测试。

测试条件

测量低压开路，将测试信号施加到一个通电线圈上，测量另一线圈（或同一通电线圈）上的电压。低压开路测量值是测量电压的有效值，可以是交流电压或直流电压。建议您选择匝数最多的线圈作为通电线圈。

选择测试条件

推荐的测试条件取决于通电线圈的电感；假设通电线圈是匝数最多的线圈，则下表给出了它们理想的测试条件：

Inductance of the Energized Winding			Preferred test signal	
			Frequency	Voltage
100nH	→	1μH	300kHz	10mV
1uH	→	10μH	100kHz	30mV
10uH	→	100μH	30kHz	50mV
100uH	→	1mH	10kHz	100mV
1mH	→	10mH	1kHz	100mV
10mH	→	100mH	100Hz	100mV
100mH	→	1H	100Hz	300mV
1H	→	10H	50Hz	1V
10H	→	100H	50Hz	5V
100H	→	1kH	50Hz	5V
1kH	→	10kH	20Hz	5V

电压的应用与测量

该信号通常应用于初级线圈或匝数最大的线圈。

然而，如果这样做，匝数最小的线圈上的电压可能会降到 **1mV** 以下，那么应该增加测试电压。只有当施加的电压和测量的电压都大于 **1mV** 时，才能获得最佳的可重复测量值。

这也可能需要增加测试频率，以便驱动线圈所承受的电流不会变得太大，但一般来说，该频率增加应尽可能小，以避免高频杂散电容引起的问题。

中心抽头/自耦变压器的最佳操作 (适用于 **TR**、**LVOC**、**VOC**、**VOCX** 测试)

关于在测试自耦变压器或中心抽头时最小化共模效应的最佳实践建议，请参见第 7.13 章。

也请看

14.6.35 测试的推荐精度，以及

10.2.10 测试的精度规格

7.40. ILK – 漏电流

使用场景

某些应用中使用的变压器（主要是医疗用）需要进行漏电流测试，这是一项额外的安全要求。

它是由所选测试线圈之间的实际线圈间电容引起的漏电流的测量值。在医疗用途中，即使电流低至 $100\mu\text{A}$ 也可能被视为危险，因此这是一项重要的测试要求。

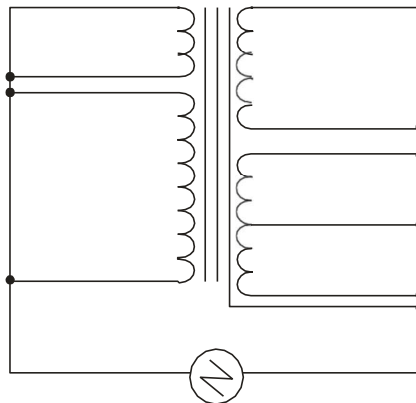
即使在非医疗应用中，漏电流也会影响测量设备的隔离性，因此这项测试在仪表变压器中是非常有效的。

虽然传统的 C 测试可以测量线圈间的电容，但它的测试条件仅在 5V 下，而不是工作电压下。医疗标准还要求测量实际电流，而不是电容。

测试条件

测试通常是将所有初级线圈、所有次级线圈以及屏蔽层短接在一起，然后施加测试电压。

施加的电压和频率通常是变压器的工作电压和频率。
通电信号的电压范围为 $0\text{-}270\text{V}$ ，频率范围为 $20\text{-}1500\text{Hz}$ 。



也请看

14.6.36 测试的推荐精度，以及

10.2.26 测试的精度规格

7.41. LSBX – 偏流电感（串联）

DC Bias	Measure Range	Test Voltage	Test Frequency	Basic Accuracy
0.1A to 250A	1nH 1MH	1mV to 5V	20Hz to 3MHz	0.2% @ Q>10

本测试需要使用一个或多个 Voltech DC1000 精密直流偏置电流源。

重要：使用本项测试时，请确保您在编辑程序时选择的端子 **Hi** 是连接到 **DC1000** 的 **AHi**。类似地，选择的端子 **Lo** 也应该是连接到 **DC1000** 的 **ALo**。

当外部偏置电流流过变压器线圈时，可以使用串/并联等效电路模型测试变压器线圈的电感。

首先，设置直流偏置电流并使其稳定。

在所选线圈上施加交流电压；然后使用谐波分析测量穿过线圈的电压和电流。测量的电压除以电流得到复阻抗，然后计算电感。

老版 AT3600 用户的重要更新

DC1000 可以很容易地与 **AT** 系列测试仪配合使用，以提供自动化和集成的直流偏压测试，并与 **AT** 系列提供的广泛测试相结合。

如果要将 **DC1000** 进行任何高压 **AT** 测试（**IR**、**HPAC**、**HPDC**、**DCRT**、**ACRT**、**DCVB** 和 **ACBV**）复用，**DC1000** 必须连接到这些高压测试中用作 **LO** 端的节点。这样可以防止损坏 **DC1000**。

用于 **LSBX**、**LPBX** 和 **ZBX** 的任何端子都不能用作同一程序中 **IR** **HPAC**、**HPDC**、**DCRT**、**ACRT**、**DCVB** 或 **ACBV** 的 **HI** 端。

AT5600 和 **AT** 编辑器将对此进行检查，并在您尝试执行此操作时发出警告。**AT3600** 和旧 **AT** 编辑器虽然没有给出此警告，但这仍然是 **AT3600** 的最佳操作。详见 **DC1000A** 用户手册第 6.5.4 章。

也请看

14.6.37 测试的推荐精度，以及

10.2.27 测试的精度规格

7.42. LPBX – 偏流电感（串联）

DC Bias	Measure Range	Test Voltage	Test Frequency	Basic Accuracy
0.1A to 250A	1nH 1MH	1mV to 5V	20Hz to 3MHz	0.2% @ Q>10

本测试需要使用一个或多个 Voltech DC1000 精密直流偏置电流源。

重要：使用本项测试时，请确保您在编辑程序时选择的端子 **Hi** 是连接到 **DC1000** 的 **AHi**。类似地，选择的端子 **Lo** 也应该是连接到 **DC1000** 的 **ALo**。

当外部偏置电流流过变压器线圈时，可以使用串/并联等效电路模型测试变压器线圈的电感。

首先，设置直流偏置电流并使其稳定。

在所选线圈上施加交流电压；然后使用谐波分析测量穿过线圈的电压和电流。

测量的电压除以电流得到复阻抗，然后计算电感。

老版 AT3600 用户的重要更新

DC1000 可以很容易地与 AT 系列测试仪配合使用，以提供自动化和集成的直流偏压测试，并与 AT 系列提供的广泛测试相结合。

如果要将 DC1000 进行任何高压 AT 测试（IR、HPAC、HPDC、DCRT、ACRT、DCVB 和 ACBV）复用，DC1000 必须连接到这些高压测试中用作 LO 端的节点。这样可以防止损坏 DC1000。

用于 LSBX、LPBX 和 ZBX 的任何端子都不能用作同一程序中 IR HPAC、HPDC、DCRT、ACRT、DCVB 或 ACBV 的 HI 端。

AT5600 和 AT 编辑器将对此进行检查，并在您尝试执行此操作时发出警告。AT3600 和旧 AT 编辑器虽然没有给出此警告，但这仍然是 AT3600 的最佳操作。详见 DC1000A 用户手册第 6.5.4 章。

也请看

14.6.38 测试的推荐精度，以及

10.2.27 测试的精度规格

7.43. ZBX – 偏流阻抗

DC Bias	Measure Range	Test Voltage	Test Frequency	Basic Accuracy
0.1A to 250A	1mΩ to 1MΩ	1mV to 5V	20Hz to 3MHz	0.2%

本测试需要使用一个或多个 Voltech DC1000 精密直流偏置电流源。

重要：使用本项测试时，请确保您在编辑程序时选择的端子 **Hi** 是连接到 **DC1000** 的 **AHi**。类似地，选择的端子 **Lo** 也应该是连接到 **DC1000** 的 **ALo**。

当从 **DC1000** 向线圈施加直流电流时，带外部偏置的线圈阻抗测试测量选定线圈的阻抗。交流电压也从 **AT** 施加到线圈上。

该测试可用于电感器，测量偏置电流下阻抗的变化。

老版 AT3600 用户的重要更新

DC1000 可以很容易地与 **AT** 系列测试仪配合使用，以提供自动化和集成的直流偏压测试，并与 **AT** 系列提供的广泛测试相结合。

如果要将 **DC1000** 进行任何高压 **AT** 测试（**IR**、**HPAC**、**HPDC**、**DCRT**、**ACRT**、**DCVB** 和 **ACBV**）复用，**DC1000** 必须连接到这些高压测试中用作 **LO** 端的节点。这样可以防止损坏 **DC1000**。

用于 **LSBX**、**LPBX** 和 **ZBX** 的任何端子都不能用作同一程序中 **IR** **HPAC**、**HPDC**、**DCRT**、**ACRT**、**DCVB** 或 **ACBV** 的 **HI** 端。

AT5600 和 **AT** 编辑器将对此进行检查，并在您尝试执行此操作时发出警告。**AT3600** 和旧 **AT** 编辑器虽然没有给出此警告，但这仍然是 **AT3600** 的最佳操作。详见 **DC1000A** 用户手册第 6.5.4 章。

也请看

14.6.39 测试的推荐精度，以及

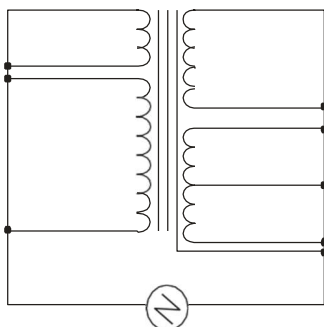
10.2.28 测试的精度规格

7.44. ACRT – 交流缓升耐压

使用场景

高压缓升测试（检查线圈之间或线圈与屏蔽层或铁芯之间的绝缘击穿情况）通常用于安全重要应用中的电力线变压器或开关模式电力变压器。

测试通常是将所有初级线圈、所有次级线圈以及屏蔽层短接在一起，然后施加测试电压。



定义测试

测试期间，在两组线圈组之间施加交流电压，每组线圈短接在一起。电压和电流在整个缓升时间内进行监控。

在对 AT5600 编程时，您可以选择电压（从 100V – 5.5kVrms）、频率（为 50/60Hz，或低压时高达 1 kHz）、当前跳闸水平（峰值电流为 10 μ A – 5mA），以及缓升时间（1–30s），所有这些都符合被测变压器的规格。

其目的是检查线圈之间、线圈和铁芯之间或线圈和屏蔽层之间的安全隔离，通过缓升至用户指定的最大交流电压，测量超出指定电流的电压。

其过程是在不断监测电流以检查其是否低于测试限值的同时，逐渐升高测试电压。如果达到目标电压且未超过最大监测电流，则测试“通过”。

如果在达到目标电压之前超过最大监测电流，则测试“失败”。

也请看

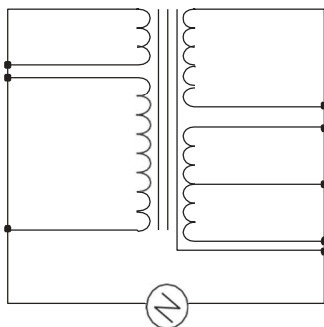
14.6.40 测试的推荐精度，以及

10.2.29 测试的精度规格

7.45. DCRT – 直流缓升耐压

使用场景

高压缓升测试（检查线圈之间或线圈与屏蔽层或铁芯之间的绝缘击穿情况）通常用于安全重要应用中的电力线变压器或开关模式电力变压器。



测试通常是把所有初级线圈、所有次级线圈以及屏蔽层短接在一起，然后施加测试电压。

定义测试

测试期间，在两组线圈组之间施加直流电压，每组线圈短接在一起。电压和电流在整个缓升时间内进行监控。

在对 AT5600 编程时，您可以选择电压（直流从 100V - 7kV），当前跳闸水平（峰值电流为 10 μ A - 1mA），以及缓升时间（1-2s），所有这些都符合被测变压器的规格。

其目的是检查线圈之间、线圈和铁芯之间或线圈和屏蔽层之间的安全隔离，通过缓升至用户指定的最大直流电压，测量超出用户指定电流的电压。

其过程是在不断监测电流以检查其是否低于测试限值的同时，逐渐升高测试电压。

如果达到目标电压且未超过最大监测电流，则测试“通过”。

如果在达到目标电压之前超过最大监测电流，则测试“失败”。

也请看

14.6.41 测试的推荐精度，以及

10.2.30 测试的精度规格

7.46. ACVB – 交流击穿电压

使用场景

该测试可用于检查金属氧化物压敏电阻器（MOV）等设备的动作，这些设备用于保护变压器线圈免受交流供电系统上可能存在的瞬态过电压的影响。

变阻器是一种非线性半导体器件，在达到故障电压之前对电路几乎没有影响。当达到该电压时，MOV传导电流并将施加电压限制在其额定击穿电压。MOV受到能量（焦耳）的限制，在击穿条件下，MOV只能耗散为瞬态过电压。

定义测试

在测试过程中，被测保护装置（MOV）上的交流电压升高，并监测电流。

当所需电流流动时，测试停止，测量结果为击穿电压。如果电压在所需限值内，则测试通过。

如果电压超出所需限值，或者在达到最大电压时未检测到击穿，则测试失败。

电压将上升至规定的最大值+50V。

在对 AT5600 编程时，您可以选择电压（峰值从 100V - 5.5kV）、频率（为 50/60Hz，或低压时高达1kHz）、当前跳闸水平（峰值电流为 10 μ A - 5mA），以及缓升时间（1-30s），所有这些都符合被测变压器的规格。

也请看

14.6.42 测试的推荐精度，以及

10.2.31 测试的精度规格

7.47. DCVB – 直流击穿电压

使用场景

该测试可用于检查金属氧化物压敏电阻器（MOV）等设备的动作，这些设备用于保护变压器线圈免受直流供电系统上可能存在的瞬态过电压的影响。

变阻器是一种非线性半导体器件，在达到故障电压之前对电路几乎没有影响。当达到该电压时，MOV传导电流并将施加电压限制在其额定击穿电压。MOV受到能量（焦耳）的限制，在击穿条件下，MOV只能耗散为瞬态过电压。

定义测试

在测试过程中，被测保护装置（MOV）上的直流电压升高，并监测电流。

当所需电流流动时，测试停止，测量结果为击穿电压。如果电压在所需限值内，则测试通过。

如果电压超出所需限值，或者在达到最大电压时未检测到击穿，则测试失败。

电压将上升至规定的最大值+50V。

在对 AT5600 编程时，您可以选择电压（直流从 100V-7kV），当前跳闸水平（峰值电流为 10 μ A-1mA），以及缓升时间（1-2s），所有这些都符合被测变压器的规格。

也请看

14.6.43 测试的推荐精度，以及

10.2.32 测试的精度规格

7.48. WAIT –延迟

使用场景

等待测试可以主要有两种方式更好地控制测试程序执行的时间。

1. 固定持续时间延迟

允许在测试程序期间有固定的暂停时间。

例如：

程序运行时，在其他测试之前，在高压或高压偏置测试之后，为产品留出时间消磁。

允许外部设备（例如，您自己的外部液压或气动系统）有固定的运行时间。

如果您发现执行速度太快，无法使此类设备进入其切换状态，则允许OUT（用户端口）测试操作的任何继电器稳定下来。T

延迟可设定为 1ms-60s。

一旦设定的时间过去，程序测试序列将自动恢复

在延迟时间内，安全锁仍处于激活状态，安全锁中断将导致受控程序停止。

2. 等待用户

允许无限等待，允许操作员在程序恢复执行之前更改接线。

例如：

允许操作员从被测产品中添加（或稍后移除）负载电阻器或其他组件。

允许手动或通过手动执行的开关/继电器对接线配置进行任何更改。

此模式允许用户：

A, 实现半自动切换，在该过程中，相较于OUT 测试全自动切换的治具，被测产品可能不会有成本效益。

B, 在使用 OUT 测试切换继电器投入治具使用之前，对小批量样品批次进行概念验证测试。

在这种情况下，一旦确认所有信号均已关闭，AT5600 安全锁即被停用，以便用户触摸被测产品并改动被测产品。

一旦用户按 RUN 继续，安全锁将重新启用以确保用户安全，测试程序将恢复。

最重要的是，这允许您在测试程序期间进行配置更改，以便完整的测试序列仍记录为一组结果。

定义测试条件

等待设置：

AT编辑器中，在要暂停的位置插入等待测试。

然后

A, 选择固定持续时间的持续时间，然后输入暂停的持续时间。这可能是0.001-60s。

B, 用户请求暂停程序，按下 RUN 按键直到程序重新启动。

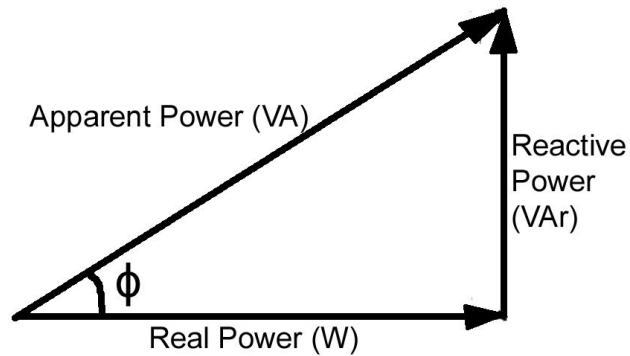
7.49. PWRF – 功率因数

什么是功率因数

功率因数定义为任何电路中使用的有功功率与视在功率之比。

在电气方面，其定义为：

$$\text{Power Factor} = [\text{Real Power} / \text{Apparent Power}] = [\text{Watts} / (\text{Volts} \times \text{Amps})]$$



从上面的矢量图可以看出，

$$\cos(\phi) = \text{Power Factor}$$

理论上，功率因数可以在-1到+1之间。（负功率因数表示从负载返回的能量。）

对于无源变压器，该功率因数通常介于0和1之间，理想的功率因数为1。

AT5600 允许您通过两种方式直接测量此重要参数：

1, 有功功率因数

这包括电压、电流和功率的基波和所有谐波含量。

2, 位移功率因数

这只测量伏特、安培和瓦特的基本值。

还有第三个术语“畸变功率因数”，仅指谐波含量，但很少使用，因为它在实际应用中没有什么意义。

也可以通过以下公式轻松计算：

$$\text{True PF} = \text{Displacement PF} * \text{Distortion PF}$$

使用场景

PWRF 测试可用于任何变压器，但可能最适用于任何电源/线路电压互感器，因为外部标准和法规要求设备上使用的变压器效率高且无损耗。

功率因数小，表明能源使用效率低下，可能导致线圈和铁芯发热，导致寿命缩短，以及电力损失等明显财务运营成本。

PWRF 对电流互感器也很重要，理想的电流互感器没有线圈电阻，线圈上没有磁化电流，也没有铁芯损耗，所有这些都会导致测量误差。

PWRF 测试提供了一种方便的单一测试，用于确认完整产品的完整性，例如-铁芯材料一致性、直流电阻和磁化电流。

测试条件

在功率因数测试期间，在选定线圈上施加恒定的交流电压。

测试期间，所有其他线圈保持开路。

AT5600 测量线圈两端的电压和通过线圈的电流。

功率也作为电流和电压波形的乘积进行测量。

如果在程序中，PWRF测试遵循具有相同测试条件（电压和频率）的 VOC 或 MAGI 或 WATT测试，并应用于同一线圈，则将重复使用先前测试的测量结果，从而节省程序执行时间。

测试信号的频率范围从 20Hz 到 1.5KHz，电压范围从 1V 到 270V，功率可达 25W 。

8. 前面板操作

8.1. 介绍

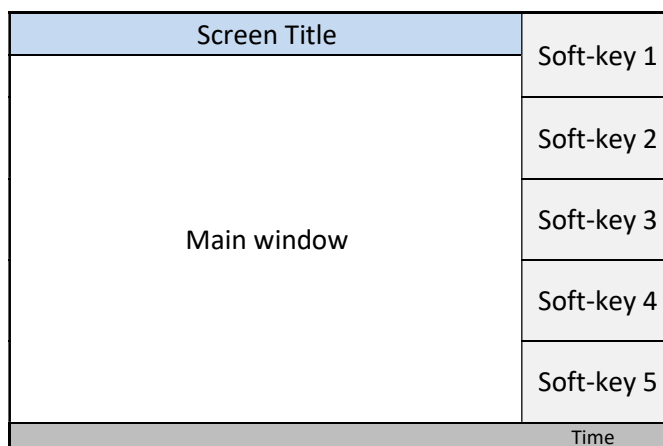
8.1.1. 触摸显示屏

AT5600 配备有一个彩色触摸显示屏。用手指轻轻按压将激活任何触摸感应区。

显示屏幕的各部分组成在整个菜单系统中都非常相似，由顶部界面标题、左侧主窗口和右侧软键盘区组成。

每个软键盘的功能随活动菜单的变化而变化。

当前在软键盘区的功能显示着一些文本或一个符号。也可以称为软键名称。在任何界面，至多有5个软键。



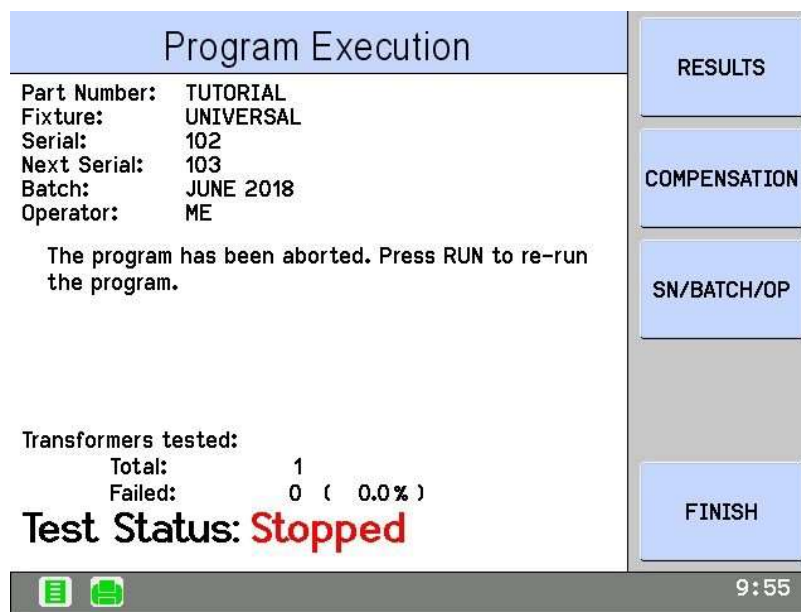
8.1.2. RUN 以及 STOP 按键

运行和停止按键是高灵敏度的压电开关，非常轻的压力就可以激活。

这可以最大限度地减少操作员疲劳，并提供极高的开关可靠性。

每个按键周围都有一个指示器 — 绿色表示运行，红色表示停止

测试程序运行时，绿色指示灯亮，暂停时，红色指示灯亮。



8.1.3. 用户输入

用户可以通过触摸屏、按钮或其他连接到可用接口端口的配件输入 AT5600。

触摸屏提供轻触和选择项目的功能，并显示用于键入的软键盘。

您也可以将脚踏开关或其他控制设备连接到远程端口。

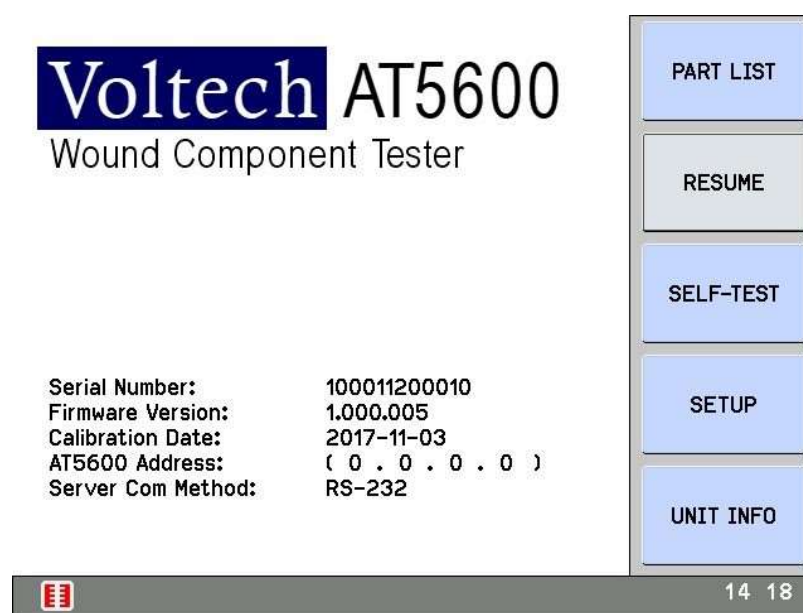
8.1.4. 启动界面

AT5600 开机后，仪器会执行一些内部检查并初始化其操作系统时，短时间内显示会闪屏。



8.1.5. 主界面

AT5600 初始化并通电后，将等待用户输入。这是访问所有可用主要功能的顶级菜单。



- | | |
|-----------|--------------------------------|
| PART LIST | 从 AT 服务器软件加载测试程序 |
| RESUME | 如果在测试界面不小心按下“FINISH”，请重新加载测试程序 |
| SELF-TEST | 检查 AT5600 的内部功能 |
| SET UP | 更改 AT5600 选项 |
| UNIT INFO | 关于 AT5600 的信息 |

8.1.6. PART LIST – 程序列表

这是 AT5600 用于变压器生产测试时的正常工作模式。

测试仪在 EXECUTE 模式使用之前，请确保已执行以下所有操作：

- 已为您想要测试的变压器创建了测试程序。
- 程序存储在 AT 服务器中，该服务器连接到测试仪并运行，测试仪已设置为通过以太网或 RS232 使用服务器。
- 为您想要测试的变压器创建了治具。

要访问 EXECUTE 模式，请从顶级菜单中，轻触软键 PART LIST，界面变为以下显示：

The screenshot shows the 'Program Download' screen. At the top is a title bar 'Program Download'. Below it is a table with two columns of program names. To the right of the table are three buttons: 'ACCEPT', 'SYNC PARTS', and 'CANCEL'. Below the table is a numeric keypad with letters and symbols.

Program Download	
28-353 STRESS SN15	28-354-3
28-353-SN06	28-354-3A
28-354-1	28-354-3TMP
28-354-2	28-354-4

Buttons: ACCEPT, SYNC PARTS, CANCEL

Keypad:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Q	W	E	R	T	Y	U	I	O	P
A	S	D	F	G	H	J	K	L	←
-	Z	X	C	V	B	N	M	SPACE	

- ACCEPT – 加载选定的测试程序
- BACKSPACE - 清除最后输入的字符
- PAGE UP – 向上翻程序列表
- PAGE DOWN – 向下翻程序列表
- CANCEL – 返回顶层屏幕
- SYNC P/N LIST – 从 AT 服务器获取程序的新列表。此列表（但不是实际的程序）存储在 AT5600 中，因此仅在列表更改时需要同步。这会加快导航速度。实际的 ATP 测试程序将始终从服务器获取，而不会存储在仪器中。

8.1.6.1 Part Number – 程序名

2 x 4 网格显示存储在 AT SERVER 程序目录文件夹中的所有测试程序。

此文件夹可能位于 AT SERVER PC 或连接到 AT SERVER PC 的网络驱动器上。

使用向上或向下的箭头，从列表中直接选择测试程序名称。此时程序名将出现在顶部的灰色选择框中。

键盘用于筛选程序名称列表，以匹配您的输入，如下所示。

The screenshot shows a 'Program Download' window. At the top is a title bar 'Program Download'. Below it is a search input field containing 'TUT' with a clear button (X). Below the search field is a list of programs: 'TUTORIAL' and 'TUTORIAL2'. To the right of the list are up and down arrow buttons. To the right of the list are three buttons: 'ACCEPT', 'SYNC PARTS', and 'CANCEL'. Below the list is a keyboard overlay with the following layout:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Q	W	E	R	T	Y	U	I	O	P
A	S	D	F	G	H	J	K	L	←
-	Z	X	C	V	B	N	M	SPACE	

程序名可以在键盘上键入（或部分键入），也可以从列表中选择。

选择程序时，轻触软键 **ACCEPT**（确定）。

通过单击选择框右侧的“X”，可以清除任何选择。

如第 3 章“创建测试程序”所述，可在测试程序 (*.ATP) 中启用或禁用以下三个选项：

- Serial numbers
- Batch number
- Operator name

在每种情况下，如果启用该选项，操作员为该选项输入的数据将包含在结果中，并发送回服务器。

然后，可以根据您的需要使用这些额外数据；那么，这些数据最后会返回到生产报告中。

请注意，这些选项是程序的一部分，而不是 AT 的全局设置，允许您根据需要为每个变压器启用不同的选项。

如果您选择启用其中任何一个，则在程序加载时，屏幕显示如下。

Program Information

Press a key on the right to enter information about the transformer's serial number, the batch or the operator.

Next Serial: **Required**

Batch: **Required**

Operator: **Required**

SERIAL

BATCH

OPERATOR

CANCEL

14:41

8.1.6.2 Serial Number – 序列号

如需要，您可输入变压器的序列号。

点击软件盘 **SERIAL**，您将看到如下界面：

在测试中输入变压器的序列号，然后点击软键盘 **ACCEPT**。

输入框后面的绿色图标，表示可以使用条形码阅读器输入。

软键 **BACKSPACE (<-)** 用于清除最后输入的字符。

输入栏右侧的 **X**，用于清除整个文本。

序列号可以是字母数字，测试人员将在每次运行后自动递增最后一个数字。

如果你想要超过数字的数目，记得要创建足够的前导零——见下面的例子：

100	101	102	103	etc.
ATY678	ATY679	ATY680	ATY681	etc. RFR998
RFR999	RFR000	RFR001	etc. RFR0998	RFR0999
RFR1000	RFR1001	etc.		

8.1.6.3 Batch – 批次号

如需要，您可输入变压器的批次号。

点击软件盘 **BATCH**，您将看到如下界面：

The image shows a software interface for entering a batch number. At the top, a blue header bar contains the text "Batch Number". Below this, a light green box contains the instruction "Enter the batch number that will be tested:". Underneath the instruction is a text input field with a small 'X' icon on the right and a green barcode icon on the left. To the right of the input field are two buttons: "ACCEPT" (top) and "CANCEL" (bottom). Below the input field is a numeric keypad with four rows of buttons. The first row contains digits 1 through 0. The second row contains letters Q, W, E, R, T, Y, U, I, O, P. The third row contains letters A, S, D, F, G, H, J, K, L, and a left arrow key. The fourth row contains a hyphen/underscore key, Z, X, C, V, B, N, M, and a "SPACE" key.

在测试中输入变压器的批次号，然后点击软键 **ACCEPT**。

输入框后面的绿色图标，表示可以使用条形码阅读器输入。

软键 **BACKSPACE** (<-) 用于清除最后输入的字符。

输入栏右侧的 **X**，用于清除整个文本。

8.1.6.4 Operator – 操作员识别号

如需要，您可输入变压器的操作员识别号。

点击软件盘 OPERATOR，您将看到如下界面：

Operator Name										ACCEPT
Enter the operator name that will perform the testing:										
										CANCEL
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	
Q	W	E	R	T	Y	U	I	O	P	
A	S	D	F	G	H	J	K	L	←	
-	Z	X	C	V	B	N	M	SPACE		

在测试中输入变压器的操作员识别号，然后点击软键 **ACCEPT**。

输入框后面的绿色图标，表示可以使用条形码阅读器输入。

软键 **BACKSPACE** (<-) 用于清除最后输入的字符。

输入栏右侧的 X，用于清除整个文本。

8.1.6.5 Compensation – 补偿

短路、开路以及负载补偿，能消除治具以及布线对测试结果的影响。

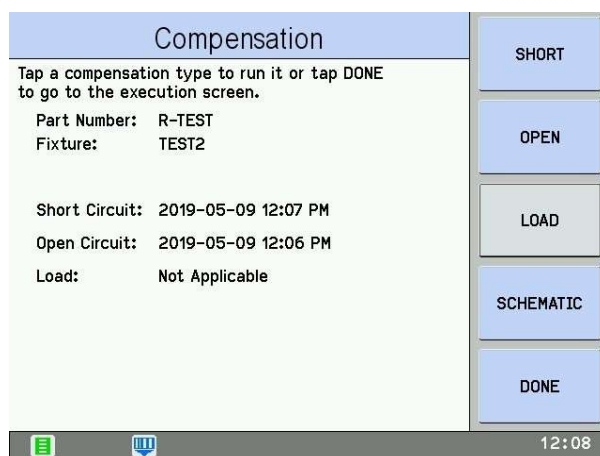
这是可选择的（如果您PASS/FAIL限制比较宽松，那么这些对您的测量精度并不重要），但是开/短路补偿应该尽可能始终执行。负载补偿仅在两个测试中是可选用的，它使您能够将结果规格化为已知的、测量的标准件。详情见第13.5章。

程序加载时，将会询问您是否希望应用补偿。



屏幕显示了应用于您的测试程序的补偿类型(这取决于您在测试程序中选择的测试类型)。这些将显示为“需要的”或“不适用的”。

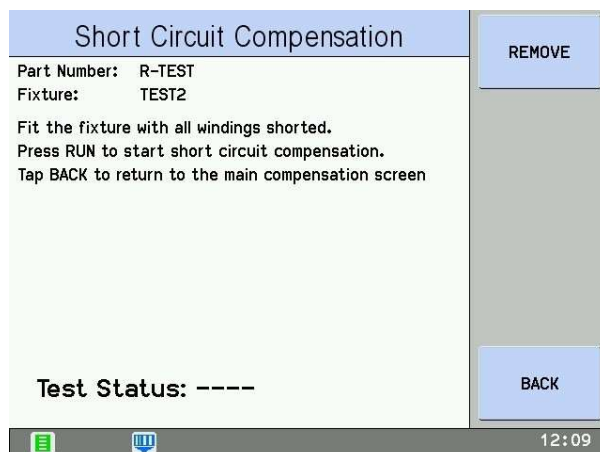
显示界面还会保存自加载程序以来，您是否已成功设置好补偿。界面将显示补偿的日期和时间。详见本节最后的“自动补偿存储”。



使用右侧活动软键（不可用显示为灰色）进入子菜单，子菜单为每种补偿类型。

短路补偿

当按下软键 **SHORT**，将会出现如下界面：

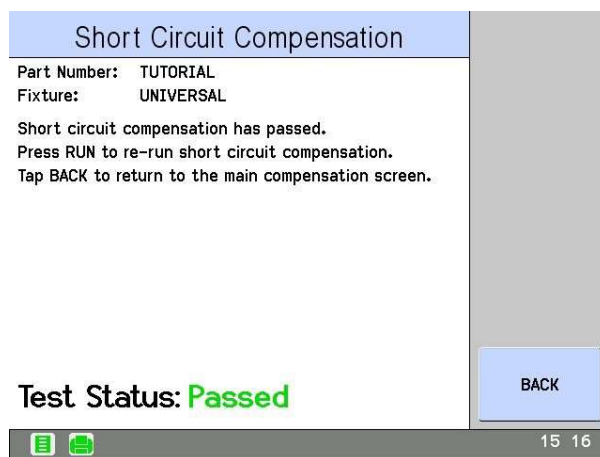


按照屏幕指示，点击 **RUN** 按钮，进行短路补偿。

按下 **REMOVE** 软键，可以清除之前的补偿记录；

按下 **BACK** 软键，返回上级目录。

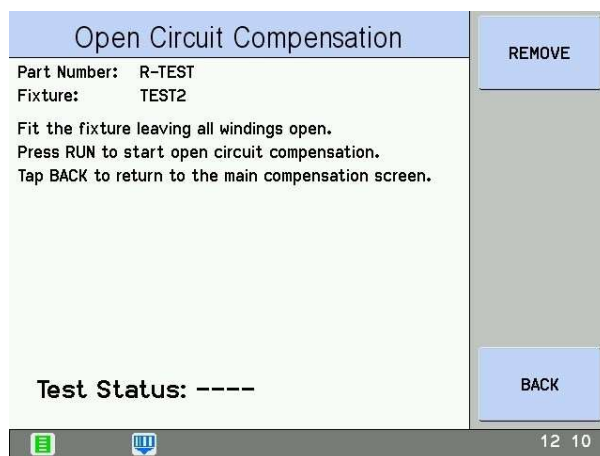
当AT5600完成短路补偿，将会出现如下界面：



选择软键 **BACK**，返回之前目录。

开路补偿

当按下软键 OPEN，将会出现如下界面：

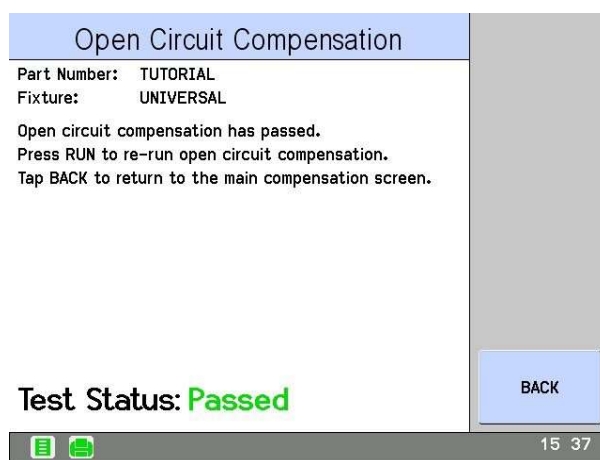


按照屏幕指示，点击 RUN 按钮，进行开路补偿。

按下 REMOVE 软键，可以清除之前的补偿记录；

按下 BACK 软键，返回上级目录。

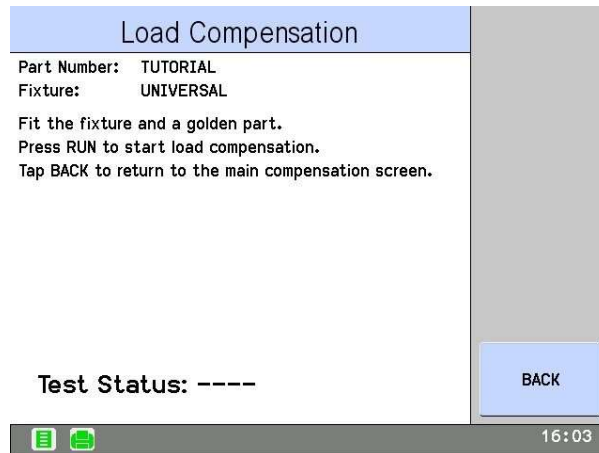
当AT5600完成开路补偿，将会出现如下界面：



选择软键 BACK，返回上一级菜单。

负载补偿（目前只用于 **SURGE** 以及 **LL** 测试）

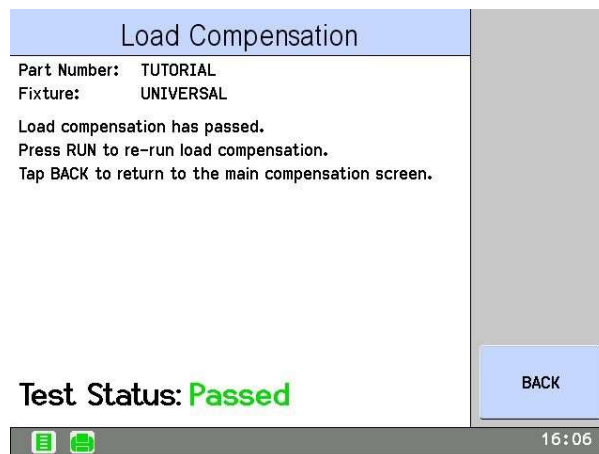
按下软键 **LOAD**，将会出现如下界面：



按照屏幕指示，按下 **RUN** 按钮，进行负载补偿。

当 **AT5600** 完成负载补偿，将会出现如下界面。

选择软键 **BACK**，返回上一级菜单。



自动补偿存储

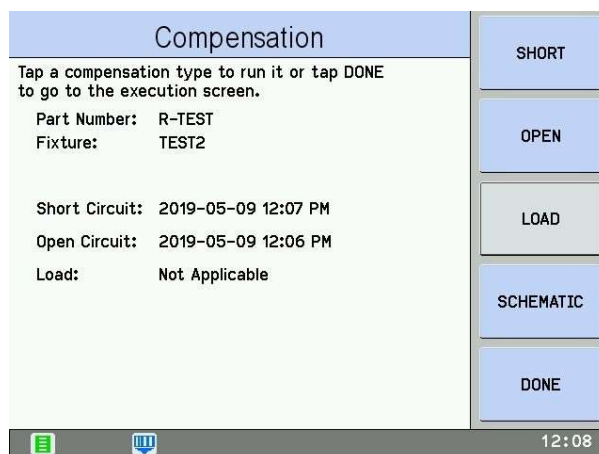
新功能将为所有用户免费提供。

需要将 **AT5600 Firmware**（固件）升级至**V1.002.000**及以上。
您可以在我们的官网上自行下载最新 **Firmware**。

自动补偿存储是如何工作的？

每次成功补偿后，都将保存在 **AT5600** 中。

如果再次重新加载相同的程序，则自动加载最后一个有效的补偿，并在屏幕上显示存储的补偿的日期和时间。



每台 **AT5600** 保存最近一次有效的补偿，供最新的**2000**个测试程序使用。
每个测试程序只能保存一次补偿。

只要您愿意，可以随时执行新的补偿，前提是您希望在每个批次上保持补偿。

一般性建议

1. 设备热机**30**分钟，以及自检**pass**以后，才可以运行补偿（并存储）、或是任何常规测试。

2. 补偿存储没有用于补偿的特定电缆或治具的“内存”。

因此，如果你有两个类似的治具在设备之间移动，两个治具之间都可能有细微的差异。电缆、夹子、开尔文夹片以及治具都会随时间的推移而老化变脏，补偿的目的就是为了消除这些连接的特性。

3. 存储补偿特性是针对特定的设备以及特定的治具/电缆。

因此，这将无法将存储的补偿从一台**AT**设备传输至另一台。

存储的补偿无法加载，可能……

1. 在最近一次补偿和下一次程序加载之间对测试程序进行任何更改。

这是因为对频率测试信号的任何更改，甚至添加额外的测试，或对测试项重新排序，都会使存储的补偿无效。

AT5600 自动检查您的测试程序，以确保程序没有改变，此时任何存储的补偿仍然有效。

2. 您按下了补偿界面上的 **REMOVE** 按钮，删除了保存的补偿。
3. **Firmware** 升级到 **V1.002.000** 后，您还没有对测试程序进行补偿。

8.1.6.6 Run Screen – 运行界面

Program Execution

Part Number: TUTORIAL
Fixture: UNIVERSAL
Serial:
Next Serial: 100
Batch: JUNE 2018
Operator: ME

Ensure the fixture and component are fitted.
Press the RUN button to begin testing.

Transformers tested:
Total: 0
Failed: 0 (0.0%)

Test Status: ----

COMPENSATION

SN/BATCH/OP

CANCEL

9 09

一旦程序加载到 AT5600，连接变压器到治具，按下 RUN 按钮，开始测试变压器。

测试完成后，您将会看到如下界面：

Program Execution

Part Number: R-TEST
Fixture: TEST2
Serial: 00000100
Batch: Not Applicable
Operator: Not Applicable

The part has passed. Please fit the next component to test then press RUN to execute the program.

Next Serial:

00000101

Program Runs:
Total: 1
Failed: 0 (0.0%)

Test Status: Passed

RESULTS

COMPENSATION

SN/BATCH/OP

SCHEMATIC

FINISH

12:03

- RESULTS

显示测试结果
- COMPENSATE

用于再次执行开路、短路或负载补偿
- SN/BATCH/ OP

更改序列号、批次号、操作员识别号
只有在测试程序中选择了这些选项，才启用该键。

为便于使用，NEXT SERIAL（下一序列号）可通过以下设置：

A, 像往常一样，在 NEXT SERIAL 框中输入下一序列号。

B, 使用扫码枪扫描下一序列号。
（上图中绿色图标表示可以使用扫码输入）

您在此界面可以直接使用扫码枪，无需进入子菜单。

SCHEMATIC 见第 8.1.6.8 章

FINISH 返回顶级菜单

8.1.6.7 Results – 结果

如需显示测试结果，按下软键 RESULTS，您将看到如下显示：

Results							PAGE UP
Id	Type	Minimum	Maximum	Result	P/F	Error	
1	MAGI	10.00mA	100.0mA	74.28mA	P	0000	PAGE DOWN
2	VOC	26.40 V	27.40 V	26.82 V	P	0000	
			POL+	POL+	P		PRINT
3	WATT	3.000 W	5.000 W	4.024 W	P	0000	
4	STRW	-----	5.000 W	4.023 W	P	0000	BACK
5	R	30.60 Ω	37.40 Ω	34.69 Ω	P	0000	
6	R	30.60 Ω	37.40 Ω	35.27 Ω	P	0000	
7	R	-----	700.0m Ω	573.3m Ω	P	0000	
8	R	-----	700.0m Ω	578.7m Ω	P	0000	
9	VOC	13.30 V	14.70 V	14.03 V	P	0000	
			POL+	POL+	P		
10	VOC	13.30 V	14.70 V	14.03 V	P	0000	
			POL+	POL+	P		
11	VOC	109.3 V	120.7 V	115.3 V	P	0000	
			POL+	POL+	P		
12	MAGI	-----	10.00mA	3.760mA	P	0000	
13	IR	50.00M Ω	-----	16.38G Ω	P	0000	
14	HPAC	-----	5.000mA	820.4uA	P	0000	



9 14

- PAGE UP 上一页
- PAGE DOWN 下一页
- PRINT 如果已连接打印机，打印测试结果
- BACK 返回测试模式

8.1.6.8 Schematic – 原理图

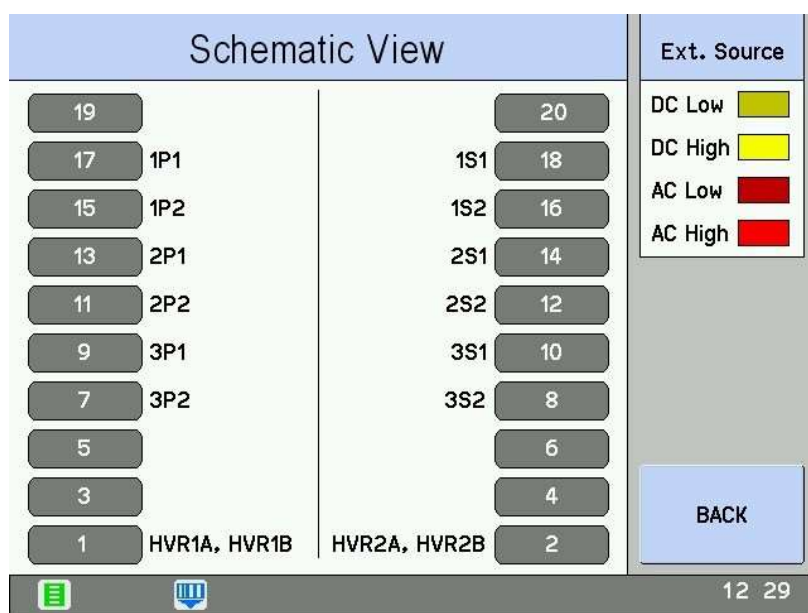
Firmware V1.002.000 里的新功能

此界面提供了一个测试程序的接线简化图。

它可以代替AT Editor界面，在测试中用来检查连接是否正确。

子菜单在运行界面或是补偿界面都是可以打开的。

示例如下：



灰色框1-20代表20个测试节点。

灰色框旁边的数字代表程序中变压器端子的位置。

本例中变压器的引脚“1P1”应该连接测试节点17，其他引脚以此类推。

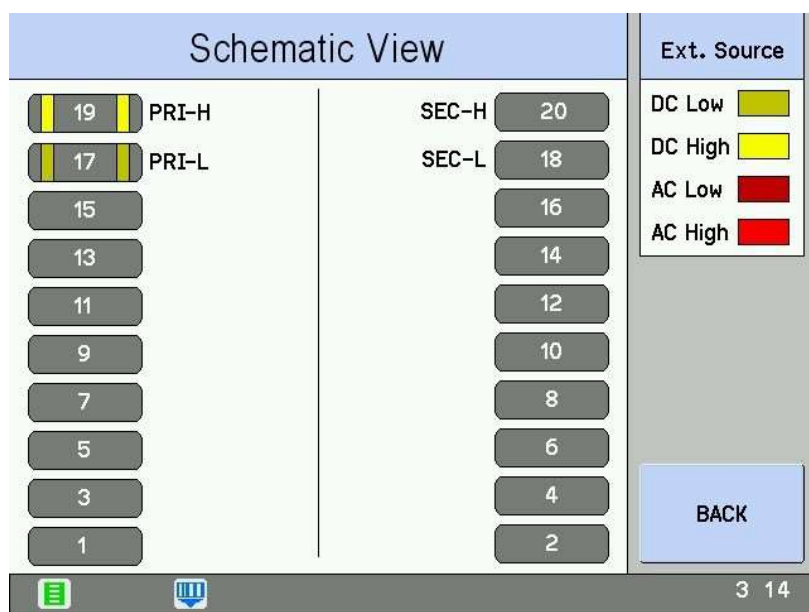
使用 DC1000 25A直流偏置电流源的程序

如果您的程序中含有使用DC1000的LSBX、LPBX或是ZBX的测试，那些需要DC1000输出的节点数字将显示为或亮或深的黄条。

请牢记，这些连接的极性是非常重要的。

DC1000的输出 high 连接亮黄色的测试节点；

DC1000的输出 low 连接暗黄色的测试节点。



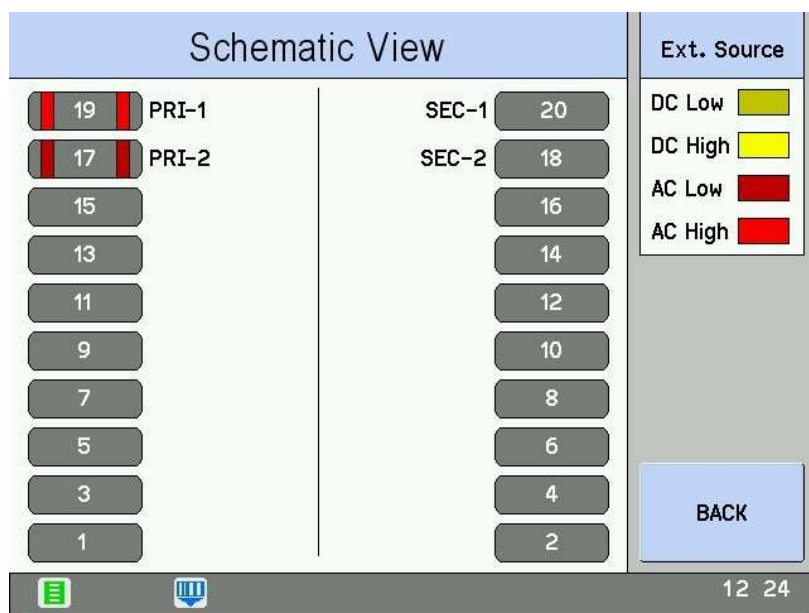
使用 AC INTERFACE 治具的程序

如果您的程序中含有使用 AC INTERFACE 治具的 VOCX、MAGX、WATX 或是 STRX 的测试，那些需要 AC INTERFACE 输出的节点数字也将显示为或亮或深的红条

请牢记，这些连接的极性是非常重要的。

AC INTERFACE 的输出 high 连接亮红色的测试节点；

AC INTERFACE 的输出 low 连接暗红色的测试节点。



8.1.7. 自检

自检是由测试仪进行的一系列检查，以确保设备的正确运行。

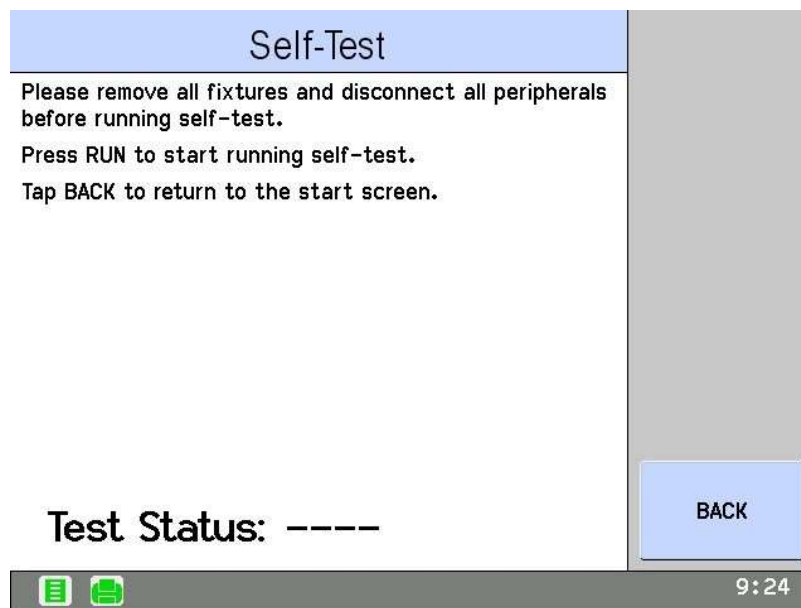
它不能检查测量是否符合规范，但是可以检查大多数功能是否正常工作。

虽然 AT5600 将自动检查和报告大多数可能导致错误测量的故障，但建议在每天开始运行一个自检测试，以增加对 AT5600 正常运行的信心。

在开始系统测试之前，请确保没有安装任何治具，也没有任何东西接触到 AT5600 顶部表面的任何测试节点。自检只有在安全锁处于安全状态时才能进行。

注意：如果与安全锁、安全状态的连接正确，那么 AT5600 顶部表面的所有测试节点上都存在高压，产生高达7000V的电压。

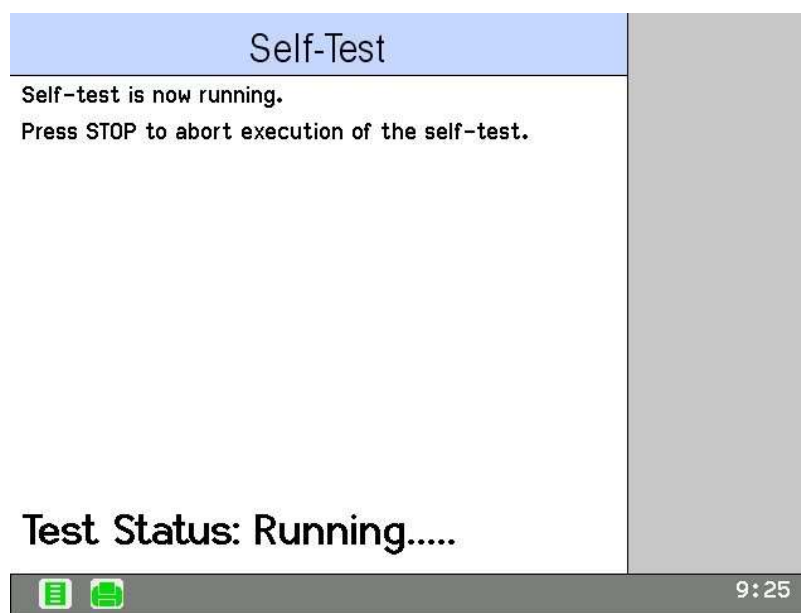
您可以在任何时候通过点击顶部屏幕上的 **SELF-TEST** 软键来运行自检。按下自检软键后，显示如下：



- **BACK** – 返回主菜单

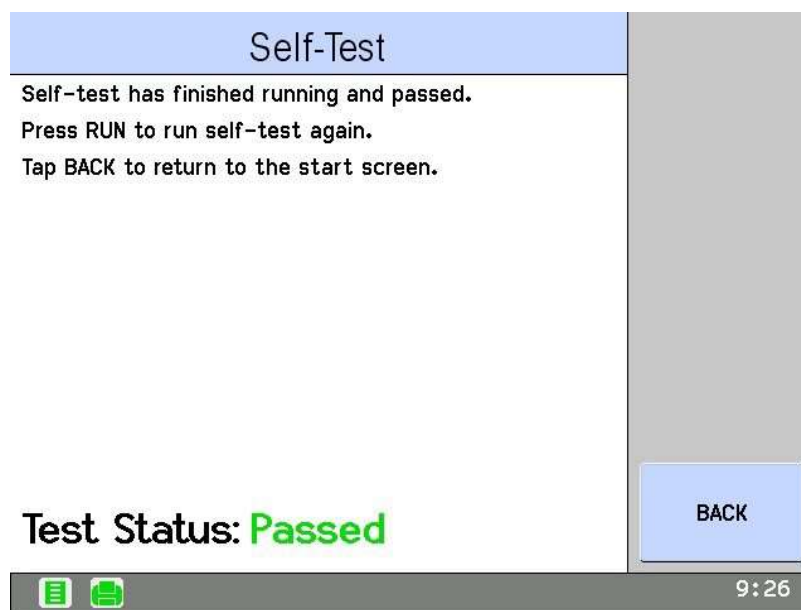
按下前面板上的 **RUN** 按钮，开始自检。

自检运行过程中，前面板将显示测试状态：Running，显示如下：



按下 STOP 按钮，停止自检。

自检结束后，您将看到如下界面：



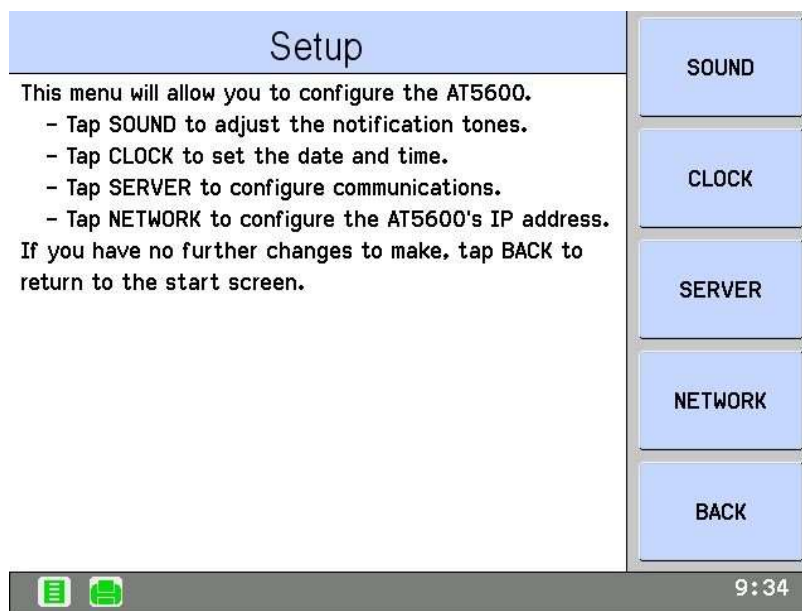
BACK – 返回主菜单

如果在自测失败，请按照第 14.8 章中列出的说明进行检查，并联系您的 Voltech 供应商获取售后服务。

8.1.8. 设置

Set up 用于调整 AT5600 选项，这些选项影响单元运行测试和存储结果的方式。

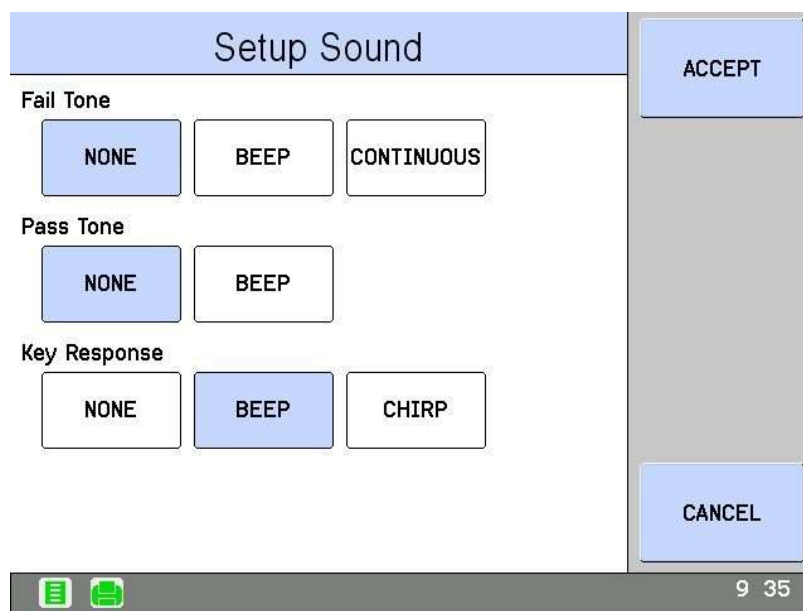
您可以随时更改系统参数。点击顶层屏幕上的 **SETUP** 。一旦选择 **SETUP** ，您将看到如下所示的显示：



SOUND	更改内部蜂鸣器选项
CLOCK	更改内部时钟的时间以及日期
SERVER	设置SERVER模式方法以及以太网
NETWORK	使用以太网时，DHCP或者静态IP
BACK	返回顶级菜单

8.1.9. 提示音

软键 **SOUND** 用于改变内部蜂鸣器声音或关闭声音功能。例如，**Fail** 提示音、**Pass** 提示音、软键响应。



ACCEPT 更改内部蜂鸣器设置

CANCEL 返回之前界面，无需更改

8.1.10. 时钟

软键 **CLOCK** 用于改变内部真正时钟的时间以及日期。

您可更改时间的形式：12 小时制或 24 小时制。

一旦选择 **CLOCK**，您将看到如下界面：

设置完时间及日期后，按下 **ACCEPT**，保存并返回上一级菜单。

ACCEPT	保存更改并返回上一级菜单
BACKSPACE	清除最后输入的字符
CANCEL	无需保存并返回上一级菜单

8.1.11. Server

Server Communications

Method: TCP/IP RS232

ACCEPT

CANCEL

9 40

选择与 SERVER 通讯方式：RS232 或 TCP/IP（以太网）。

如果您选择以太网的 TCP/IP，则需要输入 PC 端 AT SERVER 的 IP 地址。

Server Communications

Method: TCP/IP RS232

Server Address: 192 . 168 . 2 . 62

ACCEPT

CANCEL

1 2 3 4 5 ←

6 7 8 9 0 .

9:41

ACCEPT 保存更改并返回上一级菜单

CANCEL 无需保存并返回上一级菜单

8.1.12. Network – 网络

如果使用以太网，用户可通过该按键，配置 AT5600 连接到内部网络的方式。

选择 DHCP 时，AT5600 将自动从您的网络中获取一个可用的 IP 地址。

选择 Static 时，必须手动设置参数。

例如，静态 IP、默认网关和子网掩码。

如果您不确定适用于您安装的特定模式和设置信息，请咨询您的 IT 部门。

The image displays two screenshots of the AT5600 Network Address configuration interface.

Top Screenshot: The screen is titled "AT5600 Network Address". It features a section labeled "Address DHCP:" with two buttons: "DHCP" and "Static". The "Static" button is highlighted. To the right of these buttons are two large buttons: "ACCEPT" at the top and "CANCEL" at the bottom. The bottom status bar shows a green icon, a green printer icon, and the time "9:42".

Bottom Screenshot: This screen is also titled "AT5600 Network Address". It shows the "Static" configuration mode. The "Address DHCP:" section has "DHCP" and "Static" buttons, with "Static" highlighted. Below this are three input fields: "IP Address:" containing "192 . 168 . 2 . 20", "Default Gateway:" containing "0 . 0 . 0 . 0", and "Subnet Mask:" containing "255 . 255 . 255 . 0". At the bottom is a numeric keypad with buttons for digits 1-5, 6-0, a left arrow, and a decimal point. To the right are "ACCEPT" and "CANCEL" buttons. The bottom status bar shows a green icon, a green printer icon, and the time "9:43".

8.1.13. 兼容性

8.1.13.1 AT3600 兼容模式

此功能允许您使用标准件为标准，根据一组 AT3600 结果快速加载补偿整个测试程序。

此功能仅适用于最新的 AT5600 固件以及与 AT SERVER.NET一起使用时。

如果您使用的测试限值比 AT3600 或 AT5600 规范更严格，并且希望在两台机组上保持一个使用程序，则此功能非常有用。

例如，它将有助于使用 SURGE 测试。测试结果是产品与 AT36/AT56 设备固件下伏-秒特征的结果。由于设计不同，AT5600 和 AT3600 可能会为同一产品提供不同的读数（但都是有效的和可重复的）。

兼容性模式允许您缩放 AT5600 结果以匹配 AT3600 结果，同时仍根据需要应用通常的 Pass/FAIL 限制。

它是如何工作的？

如果在 AT5600 上启用了兼容模式，则在程序下载时，AT5600 将请求先前通过的任何 AT3600 测试数据的平均结果，这些数据已存储在 dotNET AT Server 中。

然后，使用标准件对程序进行负载补偿，比值保存为 AT5600 中的负载补偿。

测试程序无论如何都不会更改，因此对于 AT3600/ATi 使用仍然有效。

负载补偿只存储在特定的 AT5600 中，可以使用补偿界面上的 REMOVE 或重新应用。

您可随时关闭该功能，以恢复到正常的 AT5600 测量值。

如何使用AT3600兼容模式

- 1, 将 AT3600 连接到 dotNET Server 。
2. 在 dotNET Server 上运行所选测试程序的一些 AT3600 结果。这可以使用一批产品，或重复测试同一产品。为了获得最佳结果，我们建议至少将 10 个 Pass 结果保存到 AT 服务器。
- 3, 在 AT5600 上选择：设置 > 兼容性，将 AT3600 兼容性模式设置为 ON，然后选择 ACCEPT。
- 4, 将 AT5600 连接到同一个 dotNET 服务器，并将相同的测试程序加载到 AT5600 中。
- 5, 补偿界面为您提供了常用的短路补偿和开路补偿选项，如果需要，请正常运行这些选项。
- 6, 负载补偿也将按要求显示。
- 7, 将标准件（您在 AT3600 上运行的产品）安装到 AT5600 并运行负载补偿。
- 8, 与开/短路补偿一样，负载补偿也将存储在 AT5600 中，并可随时移除或重新应用。
- 9, 用传统方式通过 AT5600 运行常规批次的产品。
- 10, 结果将自动缩放。

注意

将使用的负载补偿标称值将仅取自之前通过的 AT3600 结果。

仪器会自动忽略编辑测试程序之前的任何 AT3600 结果 – 例如，您可以编辑程序以添加额外测试或更改 V 或 F – 这些结果将不会被看作测试程序已更改。

8.1.13.2 语言

AT5600 可以将语言更改为其他语言。

目前，AT5600 仅支持英文或中文。

未来我们将添加更多的语言。

8.1.14. 设备信息

本页面显示了基础的设备信息。

BACK 返回上一级菜单

TEST LIST 显示所有的测试选项，并标注哪些测试项是可用的。

TEST LIST

显示这台设备上的可用测试，以及其他测试：

Unlocked 永久可用

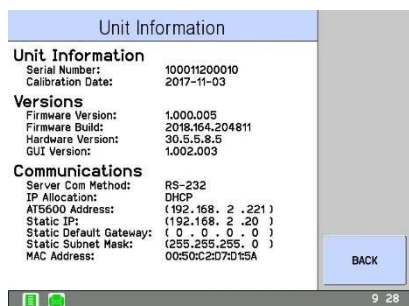
Trial 30天的有效期，请在顶级菜单中查看剩余天数。

Locked 不可用

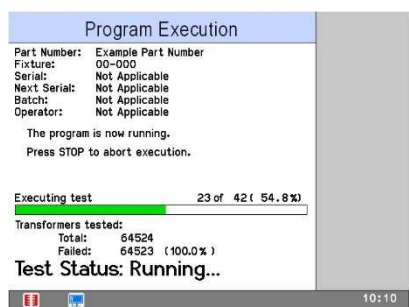
假设您目前仪器没有的任何测试，并且想体验一些测试，请与我们联系，我们将为您提供 30 天有效的激活码。

Enabled Tests			PAGE UP
Type	Test Description	Status	
C	Interwinding Capacitance	Unlocked	PAGE DOWN
C2	Capacitance Match	Unlocked	
TR	Turns Ratio	Unlocked	PAGE DOWN
TRL	Turns Ratio(from Inductance)	Unlocked	
PHAS	Interwinding Phase	Unlocked	PAGE DOWN
ILOS	Insertion Loss	Unlocked	
RLOS	Return Loss	Unlocked	PAGE DOWN
LBAL	Longitudinal Balance	Unlocked	
GBAL	General Longitudinal Balance	Unlocked	PAGE DOWN
RESP	Frequency Response	Unlocked	
MAGI	Magnetising Current	Unlocked	PAGE DOWN
MAGX	Magnetising Current(Ext.Source)	Unlocked	
MAGP	Magnetising Current(Programmable)	Unlocked	PAGE DOWN
VOC	Open Circuit Voltage	Unlocked	
VOCX	Open Circuit Voltage(Ext.Source)	Unlocked	PAGE DOWN
VOCB	Open Circuit Voltage(Programmable)	Unlocked	
LVOC	Low Open Circuit Voltage	Unlocked	PAGE DOWN
WATT	Wattage	Unlocked	

8.1.15. 状态栏图标



已连接安全锁 图标



未连接安全锁 + 通讯 图标

左侧第一个图标显示安全锁的状态：

绿色代表安全锁被正确安装，可以进行测试。

红色代表安全锁是打开的状态，此状态下不能进行任何测试。

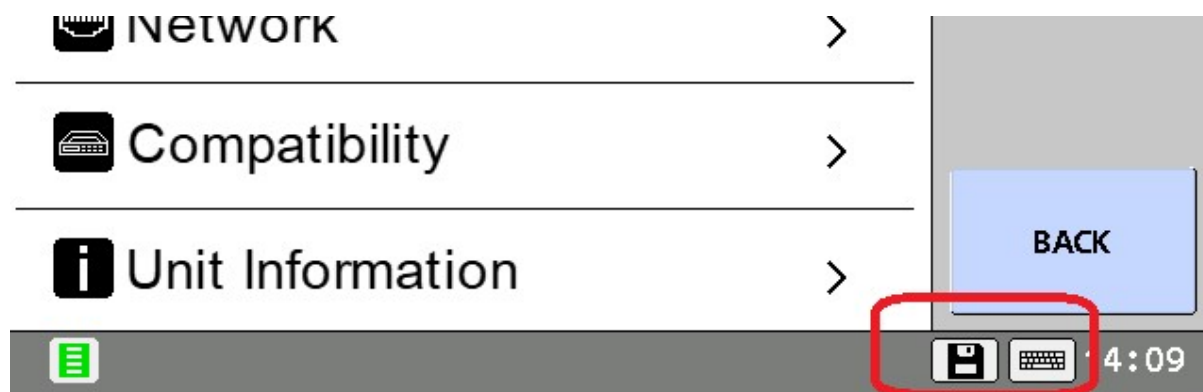
第二个是通讯的图标：Second is the COMMUNICATIONS icon.

当设备与 AT SERVER 发送测试结果，或 AT 由 AT EDITOR 控制时，会显示此信息。

USB-A 1 + 2 端口图标

时钟左侧有两个图标，显示两个 USB A 端口的状态。

（“1”是仪器界面从左往右数，第 1 个，“2”仪器界面从左往右数，第 2 个）



打印机图标

仅当连接了有效的 USB 打印机并可在 AT5600 USB-A 端口上使用时，才会显示此选项。

键盘图标

当 USB-A 端口上有有效的 USB 键盘时，会显示此信息。

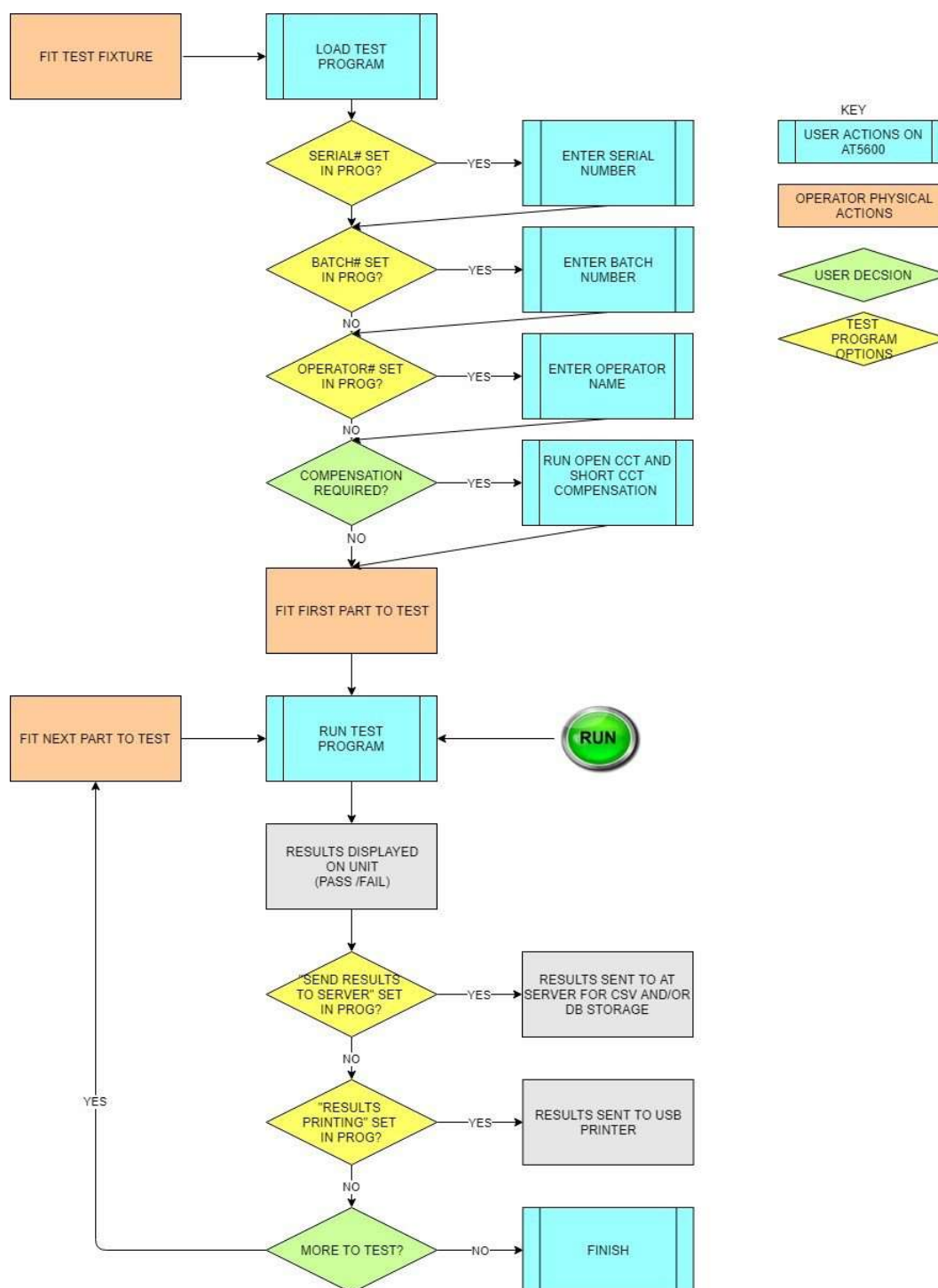
条形码阅读器图标

当 USB-A 端口上有有效的条形码阅读器时，会显示此信息。

8.2. 测试绕线元件

8.2.1. 典型工作流程

下面显示了基本测试执行流程，以及测试期间用户输入的可能顺序（在 AT EDITOR 程序选项中设置）。



8.2.2. 可追溯性

为了提供结果的可跟踪性，该系统允许可选择地使用序列号、批号和操作员识别号进行标记。

这些信息、测量以及PASS/FAIL的结果可以：

A) USB 打印机打印

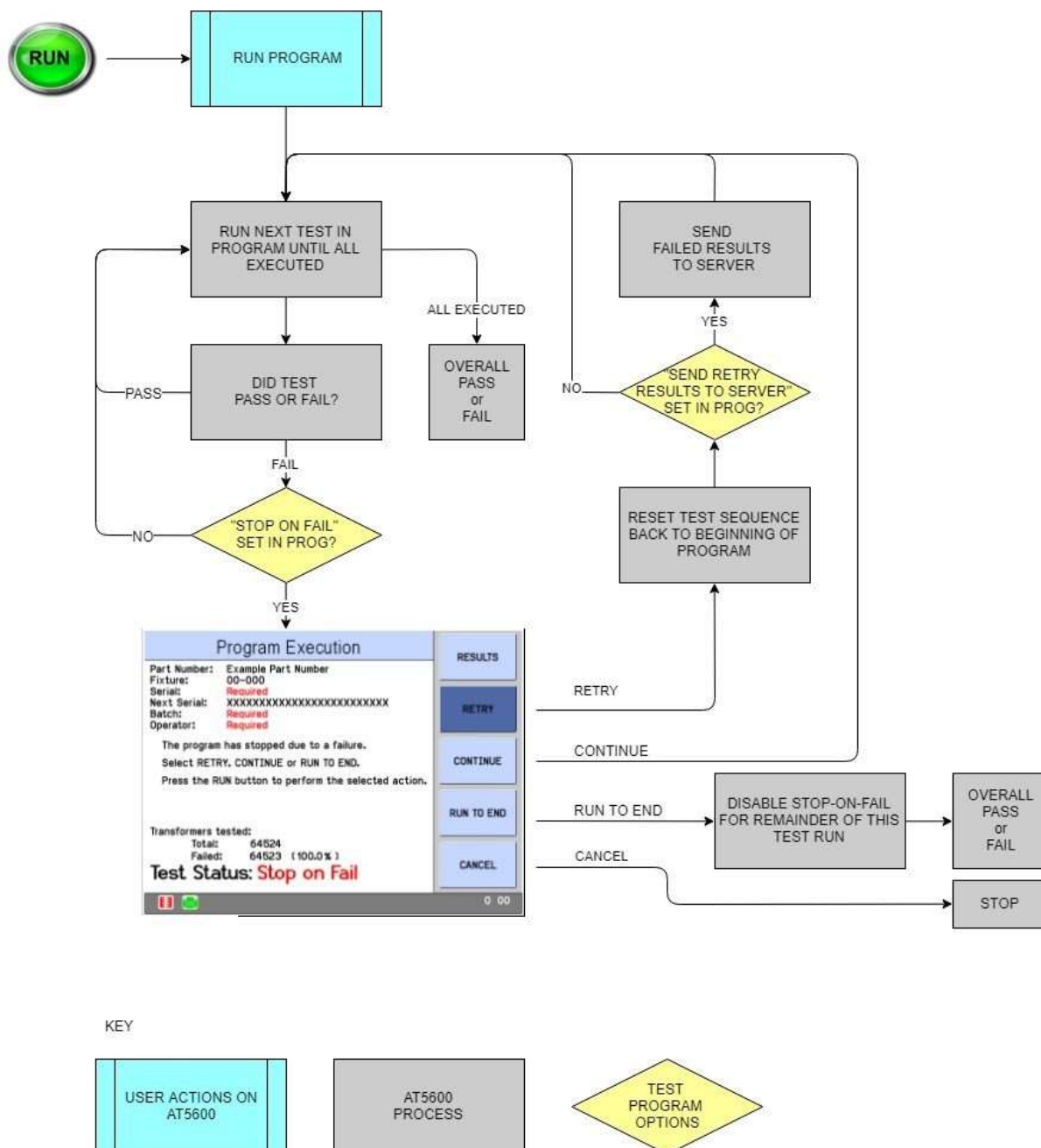
以及/或者

B) 如果在 ATP 程序中启用了将结果保存到服务器选项，则将结果保存到 CSV、MS SQL 或 MS ACCESS 中。

8.2.3. STOP ON FAIL 功能

通过按下 RUN 按钮或使用脚踏开关或其他设备向远程端口提供运行输入来执行测试程序。

使用 STOP ON FAIL 选项（在 AT EDITOR 测试选项的程序中设置）还可以在测试失败时提供额外的控制。这允许您停止将错误连接导致的“错误”失败结果记录到服务器。它还可以在出现真正故障的较长测试程序上节省时间。有关此功能的描述，详见下图。



8.2.4. 查看测试结果

Program Execution	
Part Number:	TUTORIAL
Fixture:	UNIVERSAL
Serial:	100
Next Serial:	101
Batch:	JUNE 2018
Operator:	ME
The part has passed. Please fit the next component to test then press RUN to execute the program.	
Transformers tested:	
Total:	1
Failed:	0 (0.0%)
Test Status: Passed	

9 13

最后一部分的测试状态（ Pass / Fail ）清楚地显示在主窗口中，选择 RESULTS 软键将显示结果表格，显示测试程序中执行的所有测试的结果。

Results						
Id	Type	Minimum	Maximum	Result	P/F	Error
1	MAGI	-----	150.0mA	74.27mA	P	0000
2	VOC	26.40 V	27.40 V	26.82 V	P	0000
			POL+	POL+	P	
3	WATT	3.000 W	5.000 W	4.023 W	P	0000
4	STRW	-----	5.000 W	4.021 W	P	0000
5	MAGX	-----	150.0mA	15.76mA	P	0020
6	R	30.60 Ω	37.40 Ω	34.68 Ω	P	0000
7	R	30.60 Ω	37.40 Ω	35.26 Ω	P	0000
8	R	-----	700.0m Ω	573.2m Ω	P	0000
9	R	-----	700.0m Ω	578.5m Ω	P	0000
10	VOC	13.30 V	14.70 V	14.03 V	P	0000
			POL+	POL+	P	
11	VOC	13.30 V	14.70 V	14.03 V	P	0000
			POL+	POL+	P	
12	VOC	109.3 V	120.7 V	114.9 V	P	0000
			POL+	POL+	P	
13	MAGI	-----	10.00mA	3.784mA	P	0000
14	IR	50.00M Ω	-----	31.43G Ω	P	0000

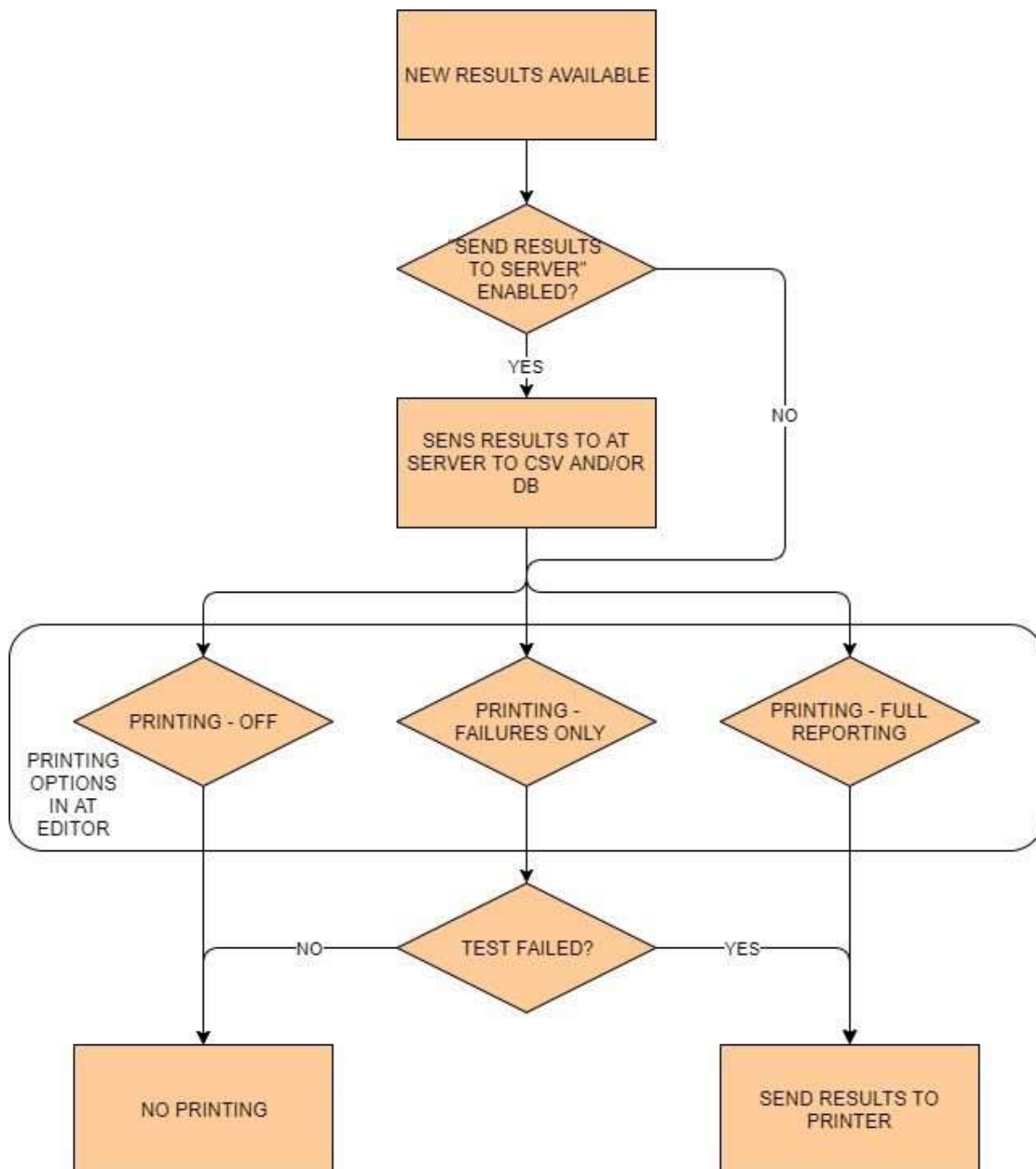
10:42

如果“Send results to Server”程序选项已经设置，那么结果将被发送回来并记录在服务器软件中。

结果打印

如果测试程序选项已配置为允许打印（见第 14.5.1 节），则打印输出将自动发送到 USB 打印机。I

PRINT 软键也可用于手动触发结果打印，即使测试程序中未启用打印。



Chapter

9

9. 发现并修理故障

了解状态码并诊断问题。

9.1. 测量故障代码

AT5600 提供测量错误代码以及所有测量结果，以提供有关结果的额外信息以及可能影响结果完整性的任何警告。

在任何测试测量过程中，不断生成、稳定、测量和调整电压和电流信号。如果在这四个阶段中的一个阶段出现问题，则会生成唯一的错误代码，并与任何结果一起显示。状态码称为测量状态码，是一个 4 位十六进制数字。第 9.1.3 节描述了这些代码。

测量状态码（**MSC**）表示一系列二进制位（0 和 1），每个二进制位将测量属性标记为真或假，例如电流或电压超出范围，这可以帮助操作员诊断问题的原因。**MSC** 显示在自检结果、程序运行结果和编辑器结果屏幕上。

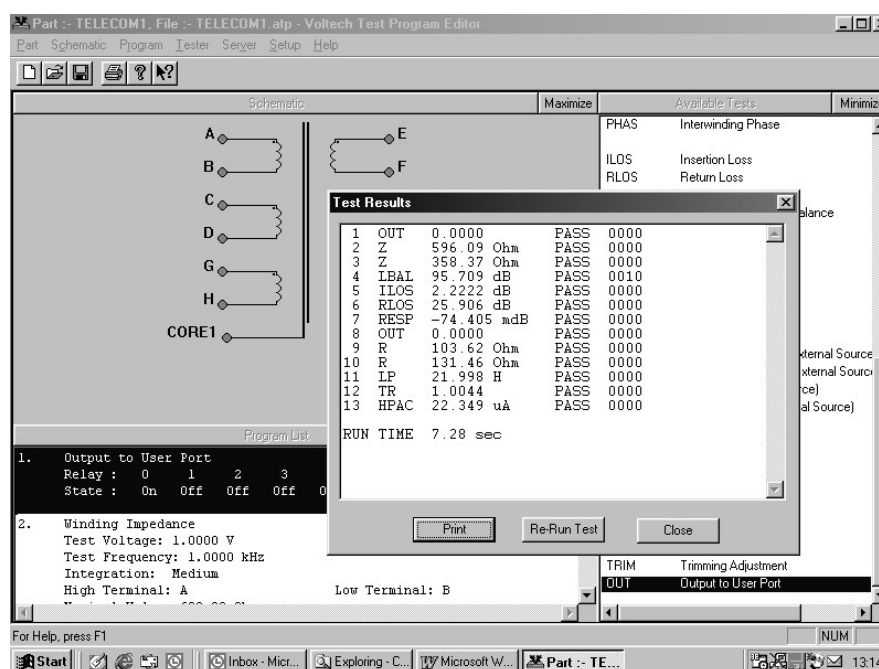
对于操作员来说，该状态码有助于确定故障是否是由不良治具或错误安装的部件造成的，或者它可能会提示对所使用的适当测试参数进行调查。对于更严重的故障，它可以帮助提供详细信息以传递给 Voltech 技术支持。

9.1.1. 自检错误代码

如果自检失败，则在结果中列出自检发现的所有故障列表。如果 AT5600 自检失败，请联系您的 Voltech 服务中心或 Voltech 技术支持，并提供自检失败的详细信息。

9.1.2. 编辑器错误代码

使用编辑器软件运行程序后，也会显示测量状态码。它们显示在每个测试结果的右侧。



9.1.3. 状态码示例

如果查看上面显示的测试结果界面，您将看到测试 4（LBAL）显示的状态码为0010。此代码表示“测量未及时解决”。虽然该测试通过，但它表明测试顺序期间存在问题，结果可能不符合发布的规范。

状态码是 16 位二进制代码，以十六进制表示法显示。

以下显示了表示一个测量属性的每个位的含义，以便可以同时显示多个状态。例如，如果在测量过程中同时发生电压超出范围（xxx1）和电流超出范围（xxx2），则状态代码为 0003（即，位0和1都已设置，因此二进制值为0000000000000011）。如果测试中断，则在状态码的位 12-15 中设置一个额外代码。

状态错误码

Hex Code	Meaning
0000	Test passed with no errors.
xxx1	Voltage over-range occurred.
xxx2	Current over-range occurred.
xxx4	Ramp-up process has been aborted; too much load.
xxx8	Error reported by the DC bias unit or that the DC bias unit did not respond to a command.
xx2x	The test signal could not be trimmed to required value; incorrect test parameters for the load.
xx4x	An error occurred after ramp-down; current did not decay away in time.
x1xx	Current limit fail (Hi-pot tests only); test current exceeded pre-programmed limit.
x2xx	The measured voltage did not go away in time; something on the fixture is staying charged.
#4xx	The test has been interrupted (see table below).
Where # = reason for the interrupt.	
1	The safety interlock was broken during the test
2	Power more than limit requested. Power is above 25W. If this power level is exceeded, we abort the test
3	A Hi-pot current trip has terminated the test, i.e., a flashover (spark) has occurred, or the current has exceeded the AT's current capabilities (can occur on HPAC, HPDC, ACRT, DCRT and IR).
4	A STOP input has terminated the test from the STOP input of the remote port or the STOP button on the front panel
5	An 8KV overvoltage has been detected and terminated the test.
6	Class D overload. A hardware trip to protect the unit if >4A has been detected for greater than a few microseconds.
7	An over-temperature interrupt has terminated the test; unit has become too hot.
8	An auxiliary fault interrupt has terminated the test; this can be created by an accessory attached to the peripheral port.
9	Unit rebooted during the test sequence.

9.2. 解决异常

9.2.1. 安全锁异常

安全锁系统必须使用所有三条控制线，如果它们没有全部正确切换，则安全联锁图标将变为红色。

安全锁接口详见第 10.3.5 节。

Program Execution		RESULTS
Part Number:	TUTORIAL	COMPENSATION
Fixture:	UNIVERSAL	
Serial:	101	
Next Serial:	102	
Batch:	JUNE 2018	
Operator:	ME	SN/BATCH/OP
The program has been stopped by a break in the safety system. Please clear the safety interlock and press RUN to try again.		FINISH
Transformers tested:		
Total: 1		
Failed: 0 (0.0%)		
Test Status: Safety Interlock		
		9 53

9.2.2. 温度异常

如果 AT5600 过热，则错误消息窗口中应显示指示温度过高的错误消息。

过热可能由许多因素引起。

1. 空气过滤器堵塞
2. 通风孔堵塞
3. 温度环境过高
4. 内部错误

如果屏幕上或任何测量状态代码中显示温度错误，则确保通风口周围有足够的空间（见 2.6），并按照第 11.1 节所示清洁空气滤清器。



9.2.3. 电压出现异常

此消息是一个严重错误，表明 AT5600 治具上可能存在电压。

在任何 HPDC、HPAC 或 IR 测试之后，该测试中使用的节点在内部连接到放电电阻器（直流 330KΩ，交流 50KΩ），以确保在打开继电器并进行下一次测试之前，消除所有电压。

这可以防止继电器的任何热切换，并确保设备的使用寿命。

如果在最长 3s 后，当前电压没有衰减到 100V 或 5mA 以下，则会显示 VPRES 错误。

这通常被视为 0240 或 0040 错误代码（错误代码见 9.1.2）。

使用了 AC INTERFACE

如果看到，必须先关闭任何外部交流电源，然后再关闭 AT5600 的电源。当确定任何可能的危险已经消除时，应在重新打开之前将任何治具移到 AT5600 上，然后启动自检系统测试，以检查 AT5600 是否存在任何故障。

如果发现 AT5600 没有故障（即通过自检），则该错误的原因可能为：

1. 外部源连接不正确。
2. Voltech AC interface 治具有故障。
3. 产品内部的电容在充电

未使用 AC INTERFACE

如果未使用外部电源，则问题最有可能是高压测试期间电容充电（通常为 HPDC）。

您必须确保任何电容限制在 30nF。尽管 AT5600 能够放电高于此值的电容值，但如果 AT5600 内发生单一故障，则内部器件可能无法正确放电（即使安全锁断开），超过 30nF 可能会对操作员造成危险。

Chapter

10

10. 精度与规格

10.1. 精度概述

10.1.1. 低压测试

Test	Name	Measurement Range			Test Signal			Test Frequency			A _R ⁽¹⁾
CTY	Continuity	10 kOhm	to	10 MOhm							n/a
R	DC Resistance	500 uOhm	to	10 MOhm							0.10%
LS	Inductance (series)	1 nH	to	1 MH	1 mV	to	5 V	20 Hz	to	3 MHz	0.05%
LP	Inductance (parallel)	1 nH	to	1 MH	1 mV	to	5 V	20 Hz	to	3 MHz	0.05%
QL	Quality Factor	0.001	to	1000	1 mV	to	5 V	20 Hz	to	3 MHz	0.50%
RLS	Equivalent Series Resistance	10 mOhm	to	10 Mohm	1 mV	to	5 V	20 Hz	to	3 MHz	0.05%
RLP	Equivalent Parallel Resistance	10 mOhm	to	10 Mohm	1 mV	to	5 V	20 Hz	to	3 MHz	0.05%
D	Dissipation Factor	0.001	to	1000	1 mV	to	5 V	20 Hz	to	3 MHz	0.50%
LL	Leakage Inductance	1 nH	to	1 kH	20 mA 1 mV	to	100 mA 5 V	20 Hz	to	3 MHz	0.10%
C	Interwinding Capacitance	100 fF	to	1 mF	1 mV	to	5 V	20 Hz	to	3 MHz	0.10%
TR	Turns Ratio +Phase	1:100 k	to	100 k:1	1 mV	to	5 V	20 Hz	to	3 MHz	0.10%
TRL	Turns Ratio by Inductance	30 - 1	to	1 - 30	1 mV	to	5 V	20 Hz	to	3 MHz	0.10%
LVOC	Low Voltage Open Circuit	1 mV	to	650V (3)	1mV	to	5 V	20 Hz	to	3 MHz	0.10%
LSB	Inductance with DC Bias (Series)	1 nH	to	1 MH	1 mV 1 mA	to	5 V 1 A	20 Hz	to	3 MHz	0.05%
LPB	Inductance with DC Bias (Parallel)	1 nH	to	1 MH	1 mV 1 mA	to	5 V 1 A	20 Hz	to	3 MHz	0.05%
R2	DC Resistance Match	1-1000	to	1000-1							0.20%
L2	Inductance Match	1-10000	to	10000-1	1 mV	to	5 V	20 Hz	to	3MHz	0.10%
C2	Inter-winding Capacitance Match	1-1000	to	1000-1	1 mV	to	5 V	20 Hz	to	3 MHz	0.20%
GBAL	General Balance	0 dB	to	100 dB	1 mV	to	5 V	20 Hz	to	3 MHz	0.5dB
LBAL	Longitudinal Balance	0 dB	to	100 dB	1 mV	to	5 V	20 Hz	to	3 MHz	0.5dB
ILOS	Insertion Loss	-100 dB	to	100 dB	1 mV	to	5 V	20 Hz	to	3 MHz	0.5dB
RESP	Frequency Response	-100 dB	to	100 dB	1 mV	to	5 V	20 Hz	to	3 MHz	1.0dB
RLOS	Return Loss	-100 dB	to	100 dB	1 mV	to	5 V	20 Hz	to	3 MHz	
Z	Impedance	1 mOhm	to	1 MOhm	1 mV	to	5 V	20 Hz	to	3 MHz	0.20%
ZB	Impedance + Bias	1 mOhm	to	1 MOhm	1 mV	to	5 V	20 Hz	to	3 MHz	0.20%
ANGL	Impedance Phase	-360°	to	360°	1 mV	to	5 V	20 Hz	to	3 MHz	0.05°
PHAS	Inter-winding Phase	-360°	to	360°	1 mV	to	5 V	20 Hz	to	3 MHz	0.05°

10.1.2. 高压测试

Test	Name	Measurement Range			Test Signal			Test Frequency			A _R ⁽¹⁾
HPAC	AC Hi-Pot	10 uA	to	30 mA (4)	100 V	to	5 kV	50 Hz	to	1 kHz	3.00%
HPDC	DC Hi-Pot	10 uA	to	3 mA	100 V	to	7 kV				3.20%
ACRT	AC Hi-Pot Ramp	10 uA	to	5 mA (4)	100 V	to	5 kV	50 Hz	to	1 kHz	3.00%
DCRT	DC Hi-Pot Ramp	10 uA	to	3 mA	100 V	to	7 kV				3.20%
ACVB	AC Voltage Breakdown	10 uA	to	5 mA (4)	100 V	to	5 kV	50 Hz	to	1 kHz	3.00%
DCVB	DC Voltage Breakdown	10 uA	to	3 mA	100 V	to	7 kV				3.20%
SURG	Surge Stress	1 mVs	to	1 kVs	100 V	to	5 kV				3.00%
IR	Insulation Resist.	1 MOhm	to	100 GOhm	100 V	to	7 kV				1.00%
ILK	Leakage Current	1 mA	to	10 mA	1 V	to	270 V	20 Hz	to	1 kHz	0.50%
MAGI	Magnetizing Current	1 mA	to	2 A (3)	1 V	to	270 V 25 W	20 Hz	to	1.5 kHz	0.10%
VOC	Open Circuit Voltage	100 mV	to	650 V (3)	1 V	to	270 V 25 W	20 Hz	to	1.5 kHz	0.10%
WATT	Wattage	1 mW	to	25 W	1 V	to	270 V 25 W	20 Hz	to	1.5 kHz	0.30%
STRW	Stress Wattage	1 mW	to	25 W	1 V	to	270 V 25 W	20 Hz	to	1.5 kHz	1.00%
PWRF	Power Factor	0	to	1	1 V	to	270 V 25 W	20 Hz	to	1.5 kHz	0.5%

10.1.3. DC1000 + DC1000A 测试

Test	Name	Measurement Range			Test Signal			Test Frequency			A _R ⁽¹⁾
LSBX	Series Inductance + DC1000 Bias	1 nH	to	1 MH	1 mV	to	5 V	20 Hz	to	3 MHz	0.05%
LPBX	Parallel Inductance + DC1000 Bias	1 nH	to	1 MH	1 mV	to	5 V	20 Hz	to	3 MHz	0.05%
ZBX	Impedance +DC1000 Bias	1 mOhm	to	1 MOhm	1 mV	to	5 V	20 Hz	to	3 MHz	0.20%

10.1.4. AC Interface 测试

Test	Name	Measurement Range			Test Signal			Test Frequency			A _R ⁽¹⁾
MAGX	Magnetizing Current (Ext Source)	50 mA	to	10 A (6)	1 V	to	600 V	20 Hz	to	5 kHz (2)	0.10%
VOCX	Open Circuit Voltage (Ext Source)	100 mV	to	650 V (6)	1 V	to	600 V	20 Hz	to	5 kHz (2)	0.10%
WATX	Wattage (Ext. Source)	100 mW	to	6 kW (6)	1 V	to	600 V	20 Hz	to	5 kHz (2)	1.00%
STRX	Stress Wattage (Ext. Source)	100 mW	to	6 kW (6)	1 V	to	600 V	20 Hz	to	5 kHz (2)	1.00 %

注意:

- 1 A_R = 基本相对精度（参考完整精度表）。
- 2 由外接电源的类型决定。
- 3 交流测试的有效值为 650 V，直流测试为 900 V。
VOC / MAGI / WATT / STRW 最大功率为 25W。
- 4 峰值
- 5 使用时，偏置电流的精度为需求值的 +/-10%。
- 6 AC Interface 与升压/降压变压器使用，最大功率为 25 W。
AC Interface 与外部交流源使用，最大功率为 6 KW。
（选择放大器可能会降低最大功率）

测试频率精度:

$F \leq 16 \text{ kHz}$	误差为需求频率的 +/-0.25Hz +/- 0.01%。
$F > 16 \text{ kHz and } \leq 250 \text{ kHz}$	误差为需求频率的 +/- 4Hz +/- 0.01%。
$F > 250 \text{ kHz}$	误差为需求频率的 +/- 64 Hz +/- 0.01%。

信号水平精度:

Voltage	测试信号的 +/- 1mV +/- (2.5% +/- 0.01% / kHz)。
Current:	测试限号的 +/- 100 uA +/- (2.5% +/- 0.01% / kHz)。

字体加粗的测试:

MAGX VOCX WATX STRX	- 用于 AC INTERFACE.
LSBX LPBX ZBX	- 用于 DC1000 / DC1000A.

10.2. 精度 – 可用的测试

10.2.1. R 测试

测量精度基于所选的测试条件，公式如下：

$$A_T = A_R + A_C + A_V + A_I$$

这里：

A_T 总的精度 (%)

A_R 基本相关精度 (%)

A_C 校准精度 (%)

A_V 电压修正精度 (%)

A_I 电流修正精度 (%)

这里：

$$A_R = 0.10\%$$

$$A_C = 0.08\%$$

$$A_V = 0.03\% + \frac{0.1\%}{V_M}$$

$$A_I = 0.03\% + \frac{0.001\%}{I_M}$$

这里：

V_M 测得的电压 (V)

I_M 测得的电流 (A)

测试信号根据测试限制中指定的最大值进行设置：

Maximum Resistance R	<1Ω	1Ω-10kΩ	10kΩ-50kΩ	>50kΩ
Test current	I=1	I=1/R	V=R*100u	V=5

这里：

V = 电压 (V)

I = 电流 (A)

R = 电阻 (Ω)

10.2.2. LS, LP, RLS, RLP, LL 和 C 测试

测量精度基于所选的测试条件，公式如下：

$$A_T = A_R + A_C + A_V + A_I + A_Q$$

这里：

A_T	总的精度 (%)
A_R	基本相关精度 (%)
A_C	校准精度 (%)
A_V	电压修正精度 (%)
A_I	电流修正精度 (%)
A_Q	品质因数修正精度 (%)

这里：

$$A_R = 0.05 \% \text{ 适用于 } LS \text{ } LP \text{ } RLS \text{ } RLP, \text{ 或 } 0.1\% \text{ 适用于 } LL, C$$

$$A_C = 0.08 \% + (0.0000 \text{ } 1\% * F_M)$$

$$A_V = 0.08 \% + \frac{0.02 \%}{V_M}$$

$$A_I = 0.08 \% + \frac{0.0001 \%}{I_M}$$

$$A_Q = 0.08 \% + \frac{0.2 \%}{Q_M} \text{ 适用于 } LS \text{ } LP \text{ } LL \text{ } \& \text{ } C$$

$$A_Q = 0.08 \% + (0.2 \% * Q_M) \text{ 适用于 } RLS \text{ } \& \text{ } RLP$$

这里：

F_M	测试频率 (Hz)
V_M	测得的电压 (V)
I_M	测得的电流 (A)
Q_M	测得的品质因数

10.2.3. QL 和 D 测试

精度基于测量线圈电阻选择的测试条件，计算如下：

$$A_T = A_R + A_I + A_{QD}$$

这里：

A_T 总的精度 (%)

A_R 基本精度 (%)

A_I 电流精度 (%)

A_{QD} Q值或D值修正精度 (%)

这里：

$$A_R = 0.50 \%$$

$$A_I = 0.08 \% + \frac{0.0001 \%}{I_M}$$

$$A_{QD} = 0.2 \% * [Q_M + (\frac{1}{Q_M})] \text{ (适用于 } Q \text{ 值)}$$

$$A_{QD} = 0.2 \% * [D_M + (\frac{1}{D_M})] \text{ (适用于 } D \text{ 值)}$$

这里：

I_M 测得的电流 (A)

Q_M 测得的品质因数

D_M 测得的耗散因数

10.2.4. TR 测试

测量精度基于所选的测试条件，公式如下：

$$A_T = A_R + A_C + A_{PV} + A_{SV} + A_N$$

这里：

A_T 总的精度 (%)

A_R 基本相关精度 (%)

A_C 校准精度 (%)

A_{PV} 初级线圈电压修正精度 (%)

A_{SV} 次级线圈电压修正精度 (%)

A_N 圈比修正精度 (%)

这里：

$$A_R = 0.1 \%$$

$$A_C = 0.1 \% + (0.00001 \% * F_M)$$

$$A_{PV} = 0.1 \% + \left(\frac{0.01 \%}{V_{PM}} \right)$$

$$A_{SV} = 0.1 \% + \left(\frac{0.01 \%}{V_{SM}} \right)$$

$$A_N = 0.1 \% + \left(\frac{0.1 \%}{N_M} \right)$$

这里：

$$A_N = 0.1 \% + \text{试频率 (Hz)}$$

V_{PM} 初级线圈测得的电压 (V)

V_{SM} 次级线圈测得的电压 (V)

N_M 测得的圈比 (初级/次级)

10.2.5. TRL 测试

测量精度基于所选的测试条件，公式如下：

$$A_T = A_{LSP} + A_{LSS}$$

这里：

A_T 总的精度 (%)

A_{LSP} 初级线圈的测试精度 (%)

A_{LSS} 次级线圈的测试精度 (%)

计算初级和次级电感的精度，需要用到第10.2.2 节中给出的 LS 精度公式。

10.2.6. MAGI 测试

测试电压的精度为 1%。

测量精度基于所选的测试条件，公式如下：

$$A_T = A_R + A_C + A_I$$

这里：

A_T 总的精度 (%)

A_R 基本相关精度 (%)

A_C 校准精度 (%)

A_I 电流修正精度 (%)

这里：

$$A_R = 0.10 \%$$

$$A_C = 0.08 \% + (0.001 \% * F_M)$$

$$A_I = 0.03 \% + \left(\frac{0.01 \%}{I_M} \right) + (2.0 \% * I_M)$$

这里：

F_M 测试频率 (Hz)

I_M 测得的电流 (A)

10.2.7. MAGX 测试（外部源）

测量精度基于所选的测试条件，公式如下：

$$A_T = A_R + A_C + A_I + A_{OFF} + A_{ESI} + A_{SRCE}$$

这里：

A_T 总的精度 (%)

A_R 基本相关精度 (%)

A_C 校准精度 (%)

A_I 电流修正精度 (%)

A_{OFF} 校零测试误差 (%)

A_{ESI} 电流测试中电源接口误差 (%)

A_{SRCE} 外接电源修正精度 (%)

这里：

$$A_R = 0.10 \%$$

$$A_C = 0.08 \% + (0.001 \% * F_M)$$

$$A_I = 0.03 \% + \left(\frac{0.01 \%}{I_M} \right) + (2.0 \% * I_M)$$

$$A_{OFF} = [0.23 \% + (0.0003 \% * F_M)] * \frac{1}{I_M}$$

$$A_{ESI} = 0.5 \%$$

$$A_{SRCE} = 0.5\% \text{（适用于手动/线性电源）}$$

$$A_{SRCE} = 0.0\% \text{（适用于模拟/放大器和 } AT \text{ 输出变压器）}$$

这里：

F_M 测试频率 (Hz)

I_M 测得的电流 (A)

在 MAGX 测试期间，AT5600 自动将测试电压应用于被测产品，并在记录测量值之前检查电压是否稳定。

电压稳定所需的时间将随所用电源类型和被测产品的性质而变化。

通常，（尤其是对于“可编程”的电源类型和“AT 输出变压器”），AT5600 将非常快速地记录测量值（通常在 0.5s 内），这在生产测试中是非常需要的。可取的。

如果在长时间通电后记录测量值，由于测试零件的自热效应，可能会获得略有不同的读数。当使用不同类型电源或使用较慢的测试系统获得的结果时，需要注意到此影响。

10.2.8. VOC 测试

测试电压的精度为 1%。

测量精度基于所选的测试条件，公式如下：

$$A_T = A_R + A_C + A_V$$

这里：

A_T 总的精度 (%)

A_R 基本相关精度 (%)

A_C 校准精度 (%)

A_V 电压修正精度 (%)

这里：

$$A_R = 0.10 \%$$

$$A_C = 0.08 \% + (0.001 \% * F_M)$$

$$A_V = 0.03 \% + \left(\frac{0.01 \%}{V_M} \right)$$

这里：

F_M 测试频率 (Hz)

V_M 测得的电压 (V)

10.2.9. VOCX 测试（外部源）

测量精度基于所选的测试条件，公式如下：

$$A_T = A_R + A_C + A_V + A_{SRCE}$$

这里：

A_T 总的精度 (%)

A_R 基本相关精度 (%)

A_C 校准精度 (%)

A_V 电压修正精度 (%)

A_{SRCE} 外接电源修正精度 (%)

这里：

$$A_R = 0.10 \%$$

$$A_C = 0.08 \% + (0.001 \% * F_M)$$

$$A_V = 0.03 \% + \left(\frac{0.01 \%}{V_M} \right)$$

$$A_{SRCE} = 0.5 \% \quad (\text{适用于手动/线性电源})$$

$$A_{SRCE} = 0.0 \% \quad (\text{适用于模拟/放大器和 } A_T \text{ 输出变压器})$$

这里：

F_M 测试频率 (Hz)

V_M 测得的电压 (V)

在 VOCX 测试期间，AT5600 自动将测试电压应用于被测产品，并在记录测量值之前检查电压是否稳定。

电压稳定所需的时间将随所用电源类型和被测产品的性质而变化。

通常，（尤其是对于“可编程”的电源类型和“AT 输出变压器”），AT5600 将非常快速地记录测量值（通常在 0.5s 内），这在生产测试中是非常需要的。可取的。

如果在长时间通电后记录测量值，由于测试零件的自热效应，可能会获得略有不同的读数。当使用不同类型电源或使用较慢的测试系统获得的结果时，需要注意到此影响。

10.2.10. LVOC 测试

测量精度基于所选的测试条件，公式如下：

$$A_T = A_R + A_C + A_V$$

这里：

A_T 总的精度 (%)

A_R 基本相关精度 (%)

A_C 校准精度 (%)

A_V 电压修正精度 (%)

这里：

$$A_R = 0.10 \%$$

$$A_C = 0.08 \% + (0.00001 \% * F_M)$$

$$A_V = 0.03 \% + \left(\frac{0.01 \%}{V_M} \right)$$

这里：

F_M 测试频率 (Hz)

V_M 测得的电压 (V)

10.2.11. IR 测试

测试电压的精度为3% +/-50V。

测量精度基于所选的测试条件，公式如下：

$$A_T = A_R + A_C + A_I + A_Z$$

这里：

A_T 总的精度 (%)

A_R 基本相关精度 (%)

A_C 校准精度 (%)

A_I 电流修正精度 (%)

A_Z 阻抗修正精度 (%)

这里：

$$A_R = 1.00 \%$$

$$A_C = 0.08 \%$$

$$A_I = 3.20 \% + \left(\frac{0.000002 \%}{I_M} \right)$$

$$A_Z = 0.5 \% + (0.001 \% * Z_M)$$

这里：

I_M 测得的电流 (A)

Z_M 测得的 IR 值 (MΩ)

10.2.12. HPDC 测试

测试电压的精度为3% +/-50V。

测量精度基于所选的测试条件，公式如下：

$$A_T = A_R + A_C + A_I$$

这里：

A_T 总的精度 (%)

A_R 基本相关精度 (%)

A_C 校准精度 (%)

A_I 电流修正精度 (%)

这里：

$$A_R = 3.20 \%$$

$$A_C = 0.08 \%$$

$$A_I = \frac{0.0001 \%}{I_M}$$

这里：

I_M 测得的电流 (A)

10.2.13. HPAC 测试

测试电压的精度为3% +/-50V。

测量电流精度基于所选的测试条件，公式如下：

$$A_T = A_R + A_C + A_I$$

这里：

A_T 总的精度 (%)

A_R 基本相关精度 (%)

A_C 校准精度 (%)

A_I 电流修正精度 (%)

这里：

$$A_R = 3.00 \%$$

$$A_C = 0.08 \% + 0.001 \% * F_m$$

$$A_I = \frac{0.001 \%}{I_M}$$

这里：

I_M 测得的电流 (A)

F_M 测试频率 (Hz)

10.2.14. LSB 和 LPB 测试

测量精度基于所选的测试条件，公式如下：

$$A_T = A_R + A_C + A_V + A_I + A_Q$$

这里：

A_T	总的精度 (%)
A_R	基本相关精度 (%)
A_C	校准精度 (%)
A_V	电压修正精度 (%)
A_I	电流修正精度 (%)
A_Q	品质因数修正精度 (%)

这里：

$$A_R = 0.05 \%$$

$$A_C = 0.08 \% + (0.00001 \% * F_M)$$

$$A_V = 0.08 \% + \left(\frac{0.02 \%}{V_M} \right)$$

$$A_I = 0.08 \% + \left(\frac{0.0001 \%}{I_M} \right) + [0.03 \% * \left(\frac{I_B}{I_M} \right)]$$

$$A_Q = 0.08 \% + \left(\frac{0.2 \%}{Q_M} \right)$$

这里：

F_M	测试频率 (Hz)
V_M	测得的电压 (V)
I_M	测得的电流 (A)
I_B	偏置电流 (A)
Q_M	测得的 Q 值

10.2.15. WATT 和 STRW 测试

测试电压的精度为 2%。测量精度基于所选的测试条件，公式如下：

$$A_T = A_R + A_C + A_V + A_I + A_{PF}$$

这里：

- A_T 总的精度 (%)
- A_R 基本相关精度 (%)
- A_C 校准精度 (%)
- A_V 电压修正精度 (%)
- A_I 电流修正精度 (%)
- A_{PF} 功率因数修正精度 (%)

这里：

$A_R = 0.30\%$ 适用于 *WATT* 和 1.00% 适用于 *STRW*

$$A_C = 0.80\% + \left(\frac{0.001\%}{F_M} \right)$$

$$A_V = 0.05\% + \left(\frac{0.01\%}{V_M} \right)$$

$$A_I = 0.05\% + \left(\frac{0.01\%}{I_M} \right) + (1.0\% * I_m)$$

$$A_{PF} = 1.0\% * \left(\frac{\sqrt{(1-PF^2)}}{PF} \right)$$

这里：

- F_M 测试频率 (Hz)
- V_M 测得的电压 (V)
- I_M 测得的电流 (A)
- PF 负载的功率因数

以及：

$$PF = \frac{W}{VA}$$

这里：

- W 测得的功率 (W)
- VA 是测试电压和磁化电流的乘积

10.2.16. WATX 和 STRX 测试（外部源）

测量精度基于所选的测试条件，公式如下：

$$A_T = A_{MAGX} + A_{VOCX} + A_{PF}$$

这里：

A_T 总的精度 (%)

A_{MAGX} 测量的 MAGX 精度 (%)

A_{VOCX} 测量的 MAGX 精度 (%)

A_{PF} 功率因数修正精度 (%)

根据第 10.2.7 节和第 10.2.9 节中的公式计算 MAGX 和 VOCX 测量的精度。

$$A_{PF} = [1.0\% + (0.001\% * F_M)] * \frac{\sqrt{(1-PF^2)}}{PF}$$

where:

F_M 测试频率 (Hz)

PF 负载的功率因数

以及：

$$PF = \frac{W}{VA}$$

这里：

W 测得的功率 (W)

VA 是 MAGX 和 VOCX 结果的乘积

在测试期间，AT5600 自动将测试电压应用于被测产品，并在记录测量值之前检查电压是否稳定。

电压稳定所需的时间将随所用电源类型和被测产品的性质而变化。

通常，（尤其是对于“可编程”的电源类型和“AT 输出变压器”），AT5600 将非常快速地记录测量值（通常在 0.5s 内），这在生产测试中是非常需要的。可取的。

如果在长时间通电后记录测量值，由于测试零件的自热效应，可能会获得略有不同的读数。当使用不同类型电源或使用较慢的测试系统获得的结果时，需要注意到此影响。

10.2.17. SURG 测试

测量精度基于所选的测试条件，公式如下：

$$A_T = A_R + A_C + A_V$$

这里：

A_T 总的精度 (%)

A_R 基本相关精度 (%)

A_C 校准精度 (%)

A_V 电压修正精度 (%)

这里：

$$A_R = 3.00 \%$$

$$A_C = 3.00 \%$$

$$A_V = 2.0 \% + \left(\frac{250 \%}{V_P} \right) + (0.001 \% * V_P)$$

这里：

V_P 设定的峰值电压 (V)

10.2.17.1 最大可编辑 **SURG** 电压

对于 $L_s \Rightarrow 125\mu\text{H}$ 的测试产品，设备最大可达 5000V DC。

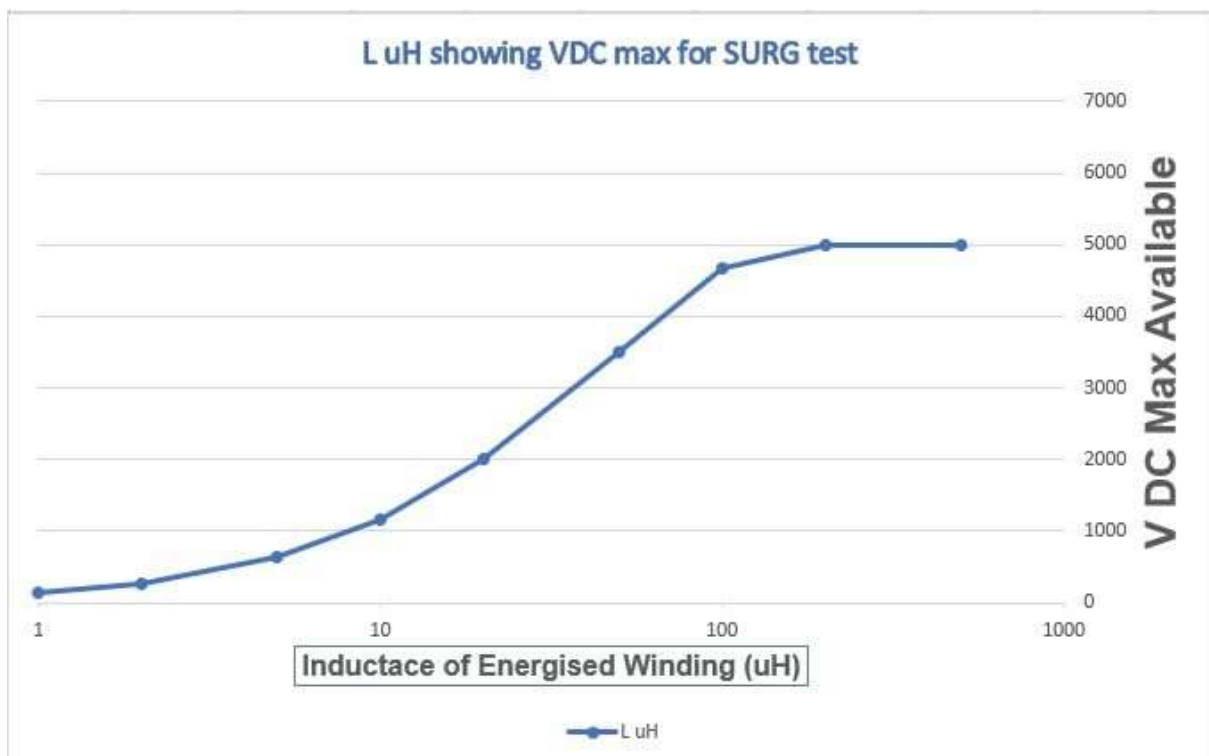
对于 $L_s \leq 125\mu\text{H}$ 的测试产品，最大电压定义如下：

$$V_{out} = (7000 * L_{uut}) / (L_{uut} + 50)$$

式中， L_{uut} = 测试产品的串联电感，单位为 μH 。

这是因为在 AT5600 中有一个 $50\mu\text{H}$ 的电感，以在浪涌放电到短路的情况下保护设备。

上述限制可以在下图中看到。



10.2.18. L2, C2 和 R2 测试

精度取决于两个电感、电容或电阻测量的精度，公式如下：

$$A_T = A_X + A_Y$$

这里：

A_T 总的精度 (%)

A_X X 测量的精度 (%)

A_Y Y 测量的精度 (%)

参考 LS、C 和 R 测试的精度规范，以确定 X 和 Y 测量的精度（见第 10.2.2 节和第 10.2.1 节），并简单地将它们相加。

10.2.19. GBAL 测试

测量精度基于所选的测试条件，公式如下：

$$A_T = A_R + 0.87(A_C + A_{VI} + A_{VO})$$

这里：

A_T 总的精度 (dB)

A_R 基本相关精度

A_C 校准精度

A_{VI} 输入电压修正精度

A_{VO} 输入电压修正精度

这里：

$$A_R = 0.5 \text{ dB}$$

$$A_C = 0.1 + (0.000001 * F_M) \text{ dB}$$

$$A_{VI} = \frac{0.01 \text{ dB}}{V_{MI}}$$

$$A_{VO} = \frac{0.01 \text{ dB}}{V_{MO}}$$

这里：

F_M 测试频率 (Hz)

V_{MI} 测得的输入电压 (V)

V_{MO} 测得的输出电压 (V)

10.2.20. LBAL 和 ILOS 测试

测量精度基于所选的测试条件，公式如下：

$$A_T = A_R + 0.87(A_C + A_{VI} + A_{VO})$$

这里：

A_T 总的精度 (dB)

A_R 基本相关精度

A_C 校准精度

A_{VI} 输入电压修正精度

A_{VO} 输出电压修正精度

这里：

$$A_R = 0.5 \text{ dB}$$

$$A_C = 0.1 + (0.000001 * F_M) \text{ dB}$$

$$A_{VI} = \frac{0.01 \text{ dB}}{V_{MI}}$$

$$A_{VO} = \frac{0.01 \text{ dB}}{V_{MO}}$$

这里：

F_M 测试频率 (Hz)

V_{MI} 测得的输入电压 (V)

V_{MO} 测得的输出电压 (V)

10.2.21. RESP 测试

测量精度基于所选的测试条件，公式如下：

$$A_T = A_R + 1.74(A_C + A_{VI} + A_{VO})$$

这里：

A_T 总的精度 (dB)

A_R 基本相关精度 (dB)

A_C 校准精度

A_{VI} 输入电压修正精度

A_{VO} 输出电压修正精度

这里：

$$A_R = 1.0 \text{ dB}$$

$$A_C = 0.1 + (0.000001 * F_M) \text{ dB}$$

$$A_{VI} = \frac{0.01 \text{ dB}}{V_{MI}}$$

$$A_{VO} = \frac{0.01 \text{ dB}}{V_{MO}}$$

这里：

F_M 测试频率 (Hz)

V_{MI} 测得的输入电压 (V)

V_{MO} 测得的输出电压 (V)

10.2.22. RLOS 测试

测量精度基于所选的测试条件，公式如下：

这里：

$$A_T = 0.174 * \frac{(Z_R * Z)}{(Z_R^2 - Z^2)} * A_Z$$

A_T 总的精度 (dB)

A_Z 阻抗测试的总精度 (%)

$$Z = \frac{V_M}{I_M}$$

$$Z_R = \sqrt{Z_{real}^2 + Z_{imag}^2}$$

以及：

V_M 测试频率 (V)

I_M 测得的电流 (A)

Z_{real} 参考阻抗的实部 (Ω)

Z_{imag} 参考阻抗的虚部 (Ω)

10.2.23. Z 和 ZB 测试

测量精度基于所选的测试条件，公式如下：

$$A_T = A_R + A_C + A_V + A_I$$

这里：

A_T 总的精度 (%)

A_R 基本相关精度 (%)

A_C 校准精度 (%)

A_V 电压修正精度 (%)

A_I 电流修正精度 (%)

这里：

$$A_R = 0.20 \%$$

$$A_C = 0.08 \% + (0.00001 \% * F_M)$$

$$A_V = 0.08 \% + \left(\frac{0.02 \%}{V_M} \right)$$

$$A_I = 0.08 \% + \left(\frac{0.0001 \%}{I_M} \right) + [0.03 \% * \left(\frac{I_B}{I_M} \right)]$$

这里：

F_M 测试频率 (Hz)

V_M 测得的电压 (V)

I_M 测得的电流 (A)

I_B 偏置电流 (A)

10.2.24. ANGL 测试

测量精度基于所选的测试条件，公式如下：

$$A_T = A_R + A_C + A_V + A_I$$

这里：

A_T 总的精度 (°)

A_R 基本相关精度 (°)

A_C 校准精度 (°)

A_V 电压修正精度 (°)

A_I 电流修正精度 (°)

这里：

$$A_R = 0.05 \text{ deg.}$$

$$A_C = 0.03 + (0.0000025 * F_M) \text{ deg.}$$

$$A_V = 0.03 + \frac{0.01}{V_M}$$

$$A_I = 0.03 + \frac{0.000003}{I_M}$$

这里：

F_M 测试频率 (Hz)

V_M 测得的电压 (V)

I_M 测得的电流 (A)

10.2.25. PHAS 测试

测量精度基于所选的测试条件，公式如下：

$$A_T = A_R + A_C + A_V + A_N$$

这里：

A_T 总的精度 (°)

A_R 基本相关精度 (°)

A_C 校准精度 (°)

A_V 电压修正精度 (°)

A_N 圈比的修正精度 (°)

这里：

$$A_R = 0.05 \text{ deg}$$

$$A_C = 0.3 \text{ deg} + (0.000005 * F_M) \text{ deg}$$

$$A_V = 0.05 * \left(\frac{1}{V_P} + \frac{TR}{V_P} \right) \text{ deg}$$

$$A_N = 0.05 * \left(\left| V_P - \frac{V_P}{TR} \right| \right) \text{ deg}$$

这里：

F_M 测试频率 (Hz)

V_P 测得的初级线圈电压 (V)

TR 测得的初级线圈与次级线圈的圈比

10.2.26. ILK 测试

测量精度基于所选的测试条件，公式如下：

$$A_T = A_R + A_C + A_I$$

这里：

A_T 总的精度 (%)

A_R 基本相关精度 (%)

A_C 校准精度 (%)

A_I 电流修正精度 (%)

这里：

$$A_R = 0.5 \%$$

$$A_C = 0.1 \% + (0.001 \% * F_M)$$

$$A_I = 0.1 \% + \left(\frac{0.00001 \%}{I_M} \right)$$

这里：

F_M 测试频率 (Hz)

I_M 测得的电流 (A)

10.2.27. LSBX 和 LPBX 测试

测量精度基于所选的测试条件，公式如下：

$$A_T = A_R + A_C + A_V + A_I + A_Q$$

这里：

A_T	总的精度 (%)
A_R	基本相关精度 (%)
A_C	校准精度 (%)
A_V	电压修正精度 (%)
A_I	电流修正精度 (%)
A_Q	品质因数修正精度 (%)

这里：

$$A_R = 0.05 \%$$

$$A_C = 0.08 \% + (0.00001 \% * F_M)$$

$$A_V = 0.08 \% + \left(\frac{0.02 \%}{V_M} \right)$$

$$A_I = 0.08 \% + \left(\frac{0.0001 \%}{I_M} \right) + (0.03 \% * \left(\frac{I_B}{I_M} \right))$$

$$A_Q = 0.08 \% + \left(\frac{2.0 \%}{Q_M} \right)$$

这里：

F_M	测试频率 (Hz)
V_M	测得的电压 (V)
I_M	测得的电流 (A)
I_B	偏置电流
Q_M	测得的 Q 值

10.2.28. ZBX 测试

测量精度基于所选的测试条件，公式如下：

$$A_T = A_R + A_C + A_V + A_I$$

这里：

A_T 总的精度 (%)

A_R 基本相关精度 (%)

A_C 校准精度 (%)

A_V 电压修正精度 (%)

A_I 电流修正精度 (%)

这里：

$$A_R = 0.20 \%$$

$$A_C = 0.08 \% + (0.00001 \% * F_M)$$

$$A_V = 0.08 \% + \left(\frac{0.02 \%}{V_M} \right)$$

$$A_I = 0.08 \% + \left(\frac{0.0001 \%}{I_M} \right) + (0.03 \% * \left(\frac{I_B}{I_M} \right))$$

这里：

F_M 测试频率 (Hz)

V_M 测得的电压 (V)

I_M 测得的电流 (A)

I_B 偏置电流 (A)

10.2.29. ACRT 测试

测量精度基于所选的测试条件，公式如下：

$$A_T = A_R + A_C + A_V + A_I$$

这里：

A_T 总的精度 (%)

A_R 基本相关精度 (%)

A_C 校准精度 (%)

A_V 电压修正精度 (%)

A_I 电流修正精度 (%)

这里：

$$A_R = 3.0 \%$$

$$A_C = 0.08 \% + (0.001 \% * F_M)$$

$$A_V = 3.0 \% + \left(\frac{500 \%}{V_M} \right)$$

$$A_I = \frac{0.001 \%}{I_M}$$

这里：

V_M 测得的电压 (Vrms)

I_M 测得的电流 (Arms)

F_M 测试频率 (Hz)

10.2.30. DCRT 测试

测量精度基于所选的测试条件，公式如下：

$$A_T = A_R + A_C + A_V + A_I$$

这里：

A_T 总的精度 (%)

A_R 基本相关精度 (%)

A_C 校准精度 (%)

A_V 电压修正精度 (%)

A_I 电流修正精度 (%)

这里：

$$A_R = 3.20 \%$$

$$A_C = 0.08 \%$$

$$A_V = 3.0 \% + \left(\frac{500 \%}{V_M} \right)$$

$$A_I = \frac{0.0001 \%}{I_M}$$

这里：

V_M 实部电压 (V)

I_M 最大的测试电流 (A)

10.2.31. ACVB 测试

测试电压的精度为3%。

测量精度基于所选的测试条件，公式如下：

$$A_T = A_R + A_C + A_V + A_I$$

这里：

A_T 总的精度 (%)

A_R 基本相关精度 (%)

A_C 校准精度 (%)

A_V 电压修正精度 (%)

A_I 电流修正精度 (%)

这里：

$$A_R = 3.00 \%$$

$$A_C = 0.08 \% + (0.001 \% * F_M)$$

$$A_V = 3.0 \% + \left(\frac{500 \%}{V_M} \right)$$

$$A_I = \frac{0.0001 \%}{I_M}$$

这里：

V_M 实部电压 (Vrms)

I_M 最大的测试电流 (Arms)

F_M 测试频率 (Hz)

10.2.32. DCVB 测试

测试电压的精度为3%。

测量精度基于所选的测试条件，公式如下：

$$A_T = A_R + A_C + A_V + A_I$$

这里：

A_T	总的精度 (%)
A_R	基本相关精度 (%)
A_C	校准精度 (%)
A_V	电压修正精度 (%)
A_I	电流修正精度 (%)

这里：

$$A_R = 3.20 \%$$

$$A_C = 0.08 \%$$

$$A_V = 3.0 \% + \left(\frac{500 \%}{V_M} \right)$$

这里：

V_M	测试频率 (V)
I_M	测得的电流 (A)

10.2.33. PWRF 测试

测量精度基于所选的测试条件以及功率因数，公式如下：

$$A_T = A_R + A_C + A_V + A_I + A_{PF}$$

这里：

A_T 总的精度 (%)

A_R 基本相关精度 (%)

A_C 校准精度 (%)

A_V 电压修正精度 (%)

A_I 电流修正精度 (%)

A_{PF} 功率因数修正精度 (%)

这里：

$$A_R = 0.50 \%$$

$$A_C = 0.24 \% + (0.003 \% * F_M)$$

$$A_V = 0.08 \% + \left(\frac{0.02 \%}{V_M} \right)$$

$$A_I = 0.08 \% + \left(\frac{0.02 \%}{I_M} \right) + (3.00 \% * I_M)$$

$$A_{PF} = 1.00 \% * \left(\frac{\sqrt{1 - PF^2}}{PF} \right)$$

这里：

F 测试频率 (Hz)

V 测得的电压 (V)

I 测得的电流 (A)

PF 负载的功率因数

10.3. 接口规格

10.3.1. Server 接口

RS232 接口，用于连接到运行 Voltech server 软件的电脑。

25 针公座 D 型接口

Pin	Signal name	Pin	Signal name
1	Ground (Earth)	6	No connection
2	i/p RX	7	0V
3	o/p TX	8	No connection
4	i/p CTS	...	
5	o/p RTS	25	No connection

RS232 是一种传统的通信协议，在 AT5600 上使用 RS232 的客户很可能会使用 USB-RS232 转换器与您的 PC 连接。

由于 AT5600 产生极高电压，通常用于存在高电压和 EMC 噪声的环境中，我们建议使用光学隔离的 USB-RS232 转换器。

Voltech 推荐使用 STAR TECH 转换器

Model # ICUSB232IS
See www.startech.com

这是一个 1 端口工业 USB-RS232 串行适配器，具有 5KV 隔离和 15KV ESD 保护的作用。

10.3.2. Auxiliary 接口

RS232 接口，用于连接运行 Voltech editor 软件的电脑。

9 针公座 D 型接口

Pin		Signal name	Pin		Signal name
1		No connection	6		No connection
2	o/p	TX	7	i/p	CTS
3	i/p	RX	8	o/p	RTS
4		No connection	9		No connection
5		0V			

参见上述隔离 USB-RS232 转换器的建议（见第 10.3.1 节）。

10.3.3. Remote 接口

TTL 兼容接口，可与各种外围设备进行操作，包括脚踏开关、遥控器和监视器输出。可与自动控制系统一起用于触发测试运行和读取 pass/fai 状态。

远程端口将一些用户 I/O 镜像到 9 针 D 型接口。

它们是

输入

RUN 和 STOP 反映两个前面板按钮的操作。

输出

BUSY 执行测试时

PASS 或 FAIL 测试运行后的指示灯

BEEP 设备蜂鸣器镜像为数字信号。

9 针公座 D 型接口

Pin	Signal name		Pin	Signal name	
1	o/p	BEEP	6	o/p	!BUSY / Bin0
2	o/p	!PASS / Bin1	7		0V
3	i/p	!RUN	8		0V
4	o/p	!FAIL / BinStrb	9	i/p	!STOP
5		+5V			

! 开头的信号为低电平触发。

!RUN 输入 (Pin 3)

!RUN 输入是低电平触发，仪器内部有上拉电阻。在执行程序时，相当于按下前面板上的 RUN 键。

若用于脚踏开关，请在该信号和 0V 之间连接开关。

!STOP 输入 (Pin 9)

!STOP 输入是低电平触发，仪器内部有上拉电阻。

该输入信号的边沿触发将停止所有 AT5600 动作，关闭所有信号源。

若要将其与“emergency stop（紧急停止）”开关一起使用，请在该输入与0V之间连接开关。

BUSY / PASS / FAIL 状态输出 (Pins 2, 4 and 6)

状态输出为标准的 5V 模拟信号。

在标准设置中，三个状态输出为低电平触发，分别表示Busy， Pass 和 Fail。例如，它们可以作为状态输入连接到自动控制器、箱子选择器或指示灯，以显示状态。

所有输出均配备1k Ω 保护电阻，因此它们不能直接驱动外部大电流负载，如指示器或箱选择继电器。

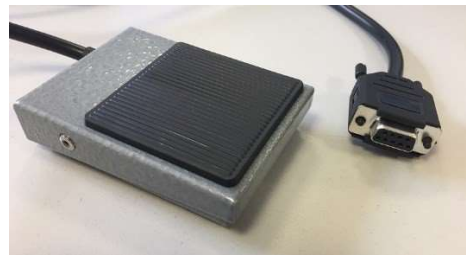
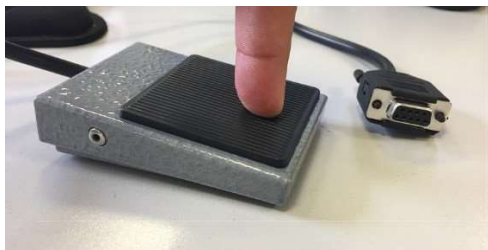
注意：测试程序完成后，BUSY 将保持悬空状态，但在使用服务器通信将结果数据发送回PC时。在速度较慢的PC上，通过RS232，这可能需要几秒钟的时间。

Beep 输出 (Pin 1)

这是一个高电平有效的输出信号，反映内部蜂鸣器。

例如 - 使用远程接口的脚踏开关

Voltech 脚踏开关（零件号 91-058）可从 Voltech 购买，并插入远程接口。这提供了一个简单的脚踏板来触发 AT5600 上的动作（也与 AT3600 兼容）。



10.3.4. Peripheral 接口

此接口仅用于连接 Voltech 专用配件。

请勿将此接口与其他接口件连接，以免造成损坏。

15 针母座 D 型接口

Pin	Signal name	Pin	Signal name
1	o/p CC	9	o/p LP_HI
2	o/p LP_LO	10	No connection
3	o/p +12V	11	i/p AUXTRIP\
4	o/p ENAUX	12	No connection
5	o/p AUX_RELAY	13	0V(AUX)
6	0V(HP)	14	o/p HP_OUT
7	No connection	15	No connection
8	i/p AUX_IN		



HP_OUT Pin 14

当任何连接的安全设备发出安全状态信号时，HP_OUT 引脚上可能存在高达 400V 的危险电压。

常规信号引脚

除 HP_OUT 引脚外，其他信号要么是数字 TTL 型输出或输入，要么是通过内部电源和信号发生器源的连接

10.3.5. Safety Interlock

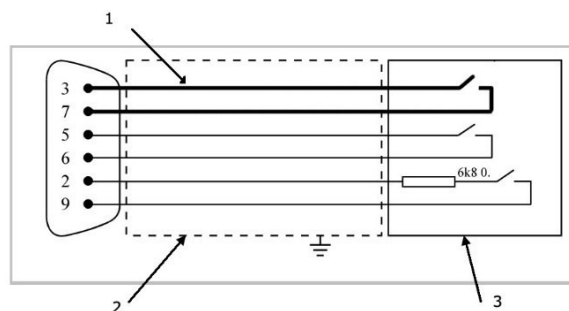
安全锁接口上有 3 条悬空的电路。
两个是数字控制电路，第三个是高压模拟电路。

见第6章。重要安全信息

在 AT5600 运行任何测试之前，必须正确连接这三个电路。一旦连接了安全锁装置，AT5600 就会产生致命的电压。

9 针母座 D 型接口

Pin	Signal name	Pin	Signal name
1	No connection	6	0V
2	+12V	7	i/p HVIP
3	o/p HVOP	8	No connection
4	No connection	9	i/p LB1
5	i/p !LB0		



HVOP 和 HVIP (Pins 3 and 7)

HVOP 是一个模拟电压输出信号，电压最大可达 400V。

HVIP 是一个相对输入信号。

AT5600 使用的所有高压测试信号均来自此输入。在“安全”条件下，HVOP 连接到 HVIP（短路第 3-7 脚）。

LB0 和 LB1 (Pins 5 and 9)

这是两个数字控制信号。

当处于“安全”状态时 !LB0 与 0V（引脚 5）连接，LB1 通过一个 6k8 0.4W 的串联电阻驱动到 +4.5V 和 +5V 之间的电压。

处于“安全”状态

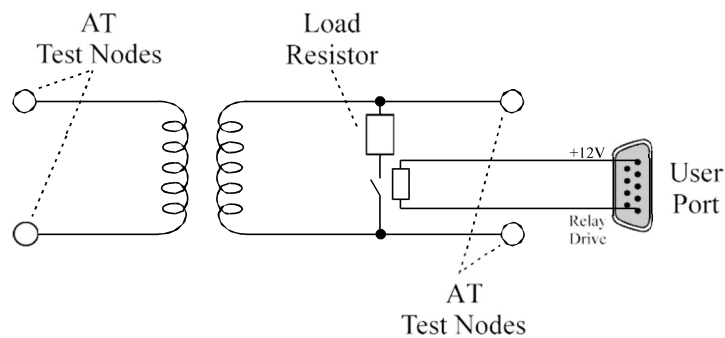
引脚 5 短接到引脚 6

引脚 9 通过 6k8 0.4W 的电阻短接到引脚 2

请参阅本手册中的第 6.2.2 节。

这为用户安全提供了三重保障。

10.3.6. User 接口



用户端口位于 **AT5600** 的背面板上，内部有六个集电极开路继电器驱动输出。

继电器驱动器通过 **OUT** 测试打开和关闭，并插入到您的测试程序中。例如，这将使您能够将虚拟负载切换到被测变压器的次级线圈上，以便在负载变压器上执行后续测试。

OUT 测试按以下方式将控制线路切换至程序设定的位置。

- 1 打开的部分继电器，设为 **OFF**
- 2 等待 20 mS
- 3 关闭的部分继电器，设为 **ON**
- 4 等待 20 mS
- 5 继续下一测试



小心高压

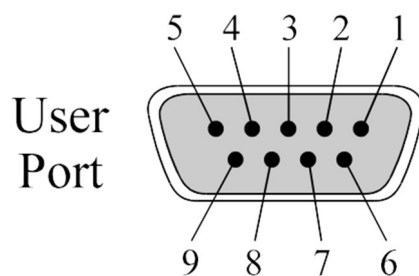
请注意，在将继电器设计到治具中时，**AT5600** 可以产生极高的电压。

用户必须确保继电器本身和相关接线能够承受测试程序中产生的任何高压。

尤其重要的是，确保从高压测试信号到从用户端口驱动的继电器线圈之间不会发生打火。这种打火会对 **AT5600** 内的电路造成严重损坏。

如果有任何疑问，请联系您的 **Voltech** 供应商，以获取有关在您的应用中如何使用继电器的建议。

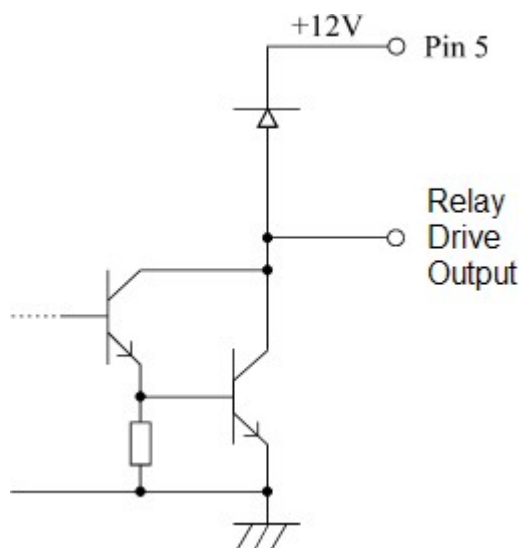
9 针母座 D 型接口



Pin	Signal name	Pin	Signal name
1	o/p User Relay 0 Drive	6	o/p User Relay 1 Drive
2	o/p User Relay 2 Drive	7	o/p User Relay 3 Drive
3	o/p User Relay 4 Drive	8	o/p User Relay 5 Drive
4	Not used	9	Not used
5	o/p +12V		

用户继电器驱动输出 (pins 1, 2, 3, 6, 7, 8)

所有的用户继电器输出都是以下等效电路：



规格：

继电器线圈电阻 > 150Ω
最大输出电流：80 Ma / 每个输出

10.3.7. Ethernet 接口

以太网端口是一个标准的 RJ45 8P8C 连接器，提供标准的 10/100 以太网接口。

10.3.8. 前面和背面的 USB ‘A’ 接口

用于将 AT5600 连接到打印机的标准 USB 2.0 ‘A’ 型接口。

10.3.9. USB ‘B’ 接口

标准 USB 2.0 ‘B’ 型接口，用于将 AT5600 连接到运行 Voltech editor 软件的 PC。

10.4. 环境条件

电源线输入

IEC60320 3相 C14 插口

工作电压： 100 - 127VAC 或 200 - 240VAC （自动转换）

工作频率： 45 - 65 Hz

输入功率： 最大 150 VA

保险丝： Fuse 2 AT

环境

EN61010-1, 污染等级 2, 安全级别 II :

仅供室内使用。

确保仪器和用户在正常的预防措施下的安全。

绝缘强度

1.5 KV AC 50Hz 持续 1 分钟，电源线接地。

存放温度

-40°C to +70°C

工作温度

+5°C to +40°C

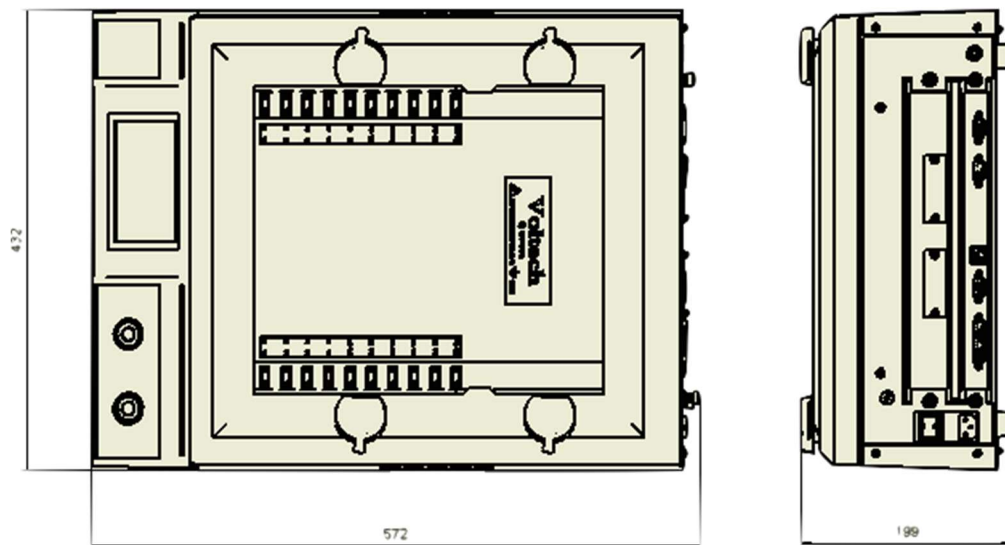
与任何测量设备一样，设备必须通电至少 **30** 分钟，以达到热稳定，并进行自检，以确认装置的完整性。

湿度

10% to 80% RH non-condensing

10.5. 外观尺寸

重量: 约 18.5kg
 宽度: 432mm
 高度: 199mm
 长度: 572mm



AT5600 顶面板上的治具托架通用所有的 Voltech 治具板（见第 13 章）。

AT5600 表面治具中间 100cm² 区域的最大静重为 5 Kg。

10.6. EMC Compliance

10.6.1. 一致性声明

DECLARATION OF CONFORMITY

Manufacturers Name: Voltech Instruments

Manufacturers Address: Voltech Instruments, Ltd.
The Core Business Centre
Milton Hill, Abingdon
Oxfordshire
OX13 6AB
U.K.

declares that the product

Product Name: Wound Component Tester

Model Number: AT5600

conforms to the following product specifications

Safety: IEC 61010-1:2010 (3rd Edition)
Compliance with National Differences, US,EN,CA,JP,CH.

EMC: IEC 61326-1:2012, Class A, Table 1

Supplimentary Information:

The product herewith complies with the requirements of
the EMC Directive 2004/108/EC

And

the Low Voltage Directive 2006/95/EC

Signed for on behalf of Voltech Instruments



Dr John Ford, Managing Director

21 May 2014

11. 保养与维修

在对 AT5600 进行任何维护之前，务必断开交流电源线和任何外围设备的连接。

11.1. 空气过滤器



AT5600 内部有两个空气过滤器，用于过滤通过其冷却风扇的空气。这些过滤器将在维修和校准期间进行清洁（如果返回 Voltech 维修中心），如果每年进行一次清洁，足以维持通过仪器的气流。

如果 AT5600 在灰尘特别多的环境中使用，那么过滤器可能会堵塞，导致装置过热。如果发生这种情况，显示屏上将显示一条滤清器需要清洁的警告消息。

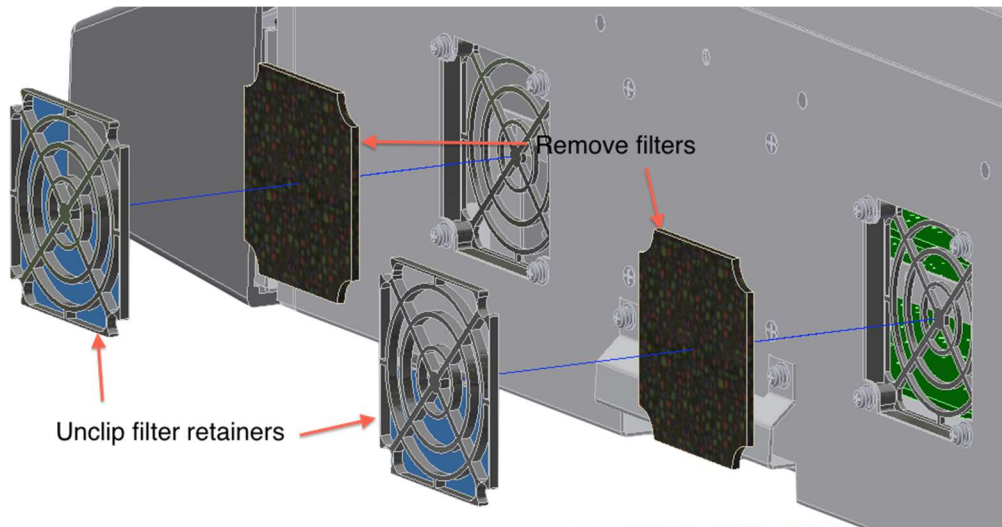
要清洁过滤器，请首先拆下右侧面板，如下所示。

11.1.1. 拆卸右侧面板



然后，如下图所示，用手指或螺丝刀取下滤网固定器。

11.1.2. 拆卸空气过滤器



过滤器可以用水清洗，也可以使用真空吸尘器进行抽吸。

11.2. 测试探针

如果有测试探针损坏，可以使用尖嘴钳将其拆下。用钳子牢牢握住测试探针，并将其垂直向上拉。3mm 测试探针为英根（英国）有限公司，零件号为GK S113 204 300 R 1502。

测试治具底部的测试销也会随着时间的推移而失去光泽，并从制造环境中积累污垢和油脂。

Voltech 推荐使用 Chemtronics Pow-R-Wash VZ 清洁测试销 /

<https://www.chemtronics.com/pow-r-wash-vz>

11.3. 电源线

定期检查电源线有无磨损迹象，必要时更换电源线。

11.4. 清洁

仅用湿布清洁。

不要使用任何化学剂清洁，因为可能会对表面造成损害。

不要让仪器进水。

使用前请确保表面完全干燥。

12. 保修与服务

12.1. 保修信息

12.1.1. 售后保修约定

产品在交付给客户时，保证无工艺和/或材料方面的重大缺陷，并且在一年（12个月）内，Voltech 将维修或更换任何不符合本约定的产品。声明：公司在本约定下的责任始终限于维修或更换受影响的并以客户为条件： -

1. 任何情况下，仪器出现任何此类重大缺陷的都应在一年内及时与公司联系。
2. 在收到通知后的十四天内，将受影响的产品正确、充分地包装、运输或邮寄给公司。
3. 确保产品未被篡改、修理、改装或者以任何方式改变；和
4. 确保产品免受伤害或以其他方式得到适当护理，并由买方保管。

如果发生上述故障，Voltech 将：

1. 对于退回授权服务中心的设备，可自行决定免费维修或更换故障设备。
2. 支付 Voltech 服务中心向客户支付的所有退货费用。
3. 发货前重新校准仪器。校准证书也将一起寄出。

保修限制

上述保修不适用于因未经授权的维修或误用，或仪器规范以外的操作而导致的缺陷。无其他明确或隐藏的保修。

虽然在汇编本出版物中的信息时已尽了一切努力，但 **Voltech Instruments** 不对本文中的任何不准确之处承担法律责任。**Voltech Instruments** 有一个密集的设计和开发计划，该计划很可能会更改产品规格，并在有需要时保留更改权利以确保产品的最佳性能，恕不另行通知。

它应被视为排除所有其他明确或隐藏的**保修**和条件，以及普通法法规或其他法规产生的保修和条件。

Voltech 保留在任何情况下放弃该利益的权利，前提是经检查明确故障原因是客户误用。

Voltech 将是这些情况下的唯一仲裁人。

由于软件本身很复杂，可能不会完全没有错误，建议您验证您的工作。在任何情况下，**Voltech** 均不对因使用或无法使用软件或文档而导致的直接、间接、特殊、偶然或后果性损害负责，即使已告知可能发生此类损害。**Voltech** 不对任何利润或收入损失、软件使用损失、数据损失、替代软件成本、第三方索赔或其他类似成本负责。在任何情况下，**Voltech** 的责任都不得超过许可费的金額。（应为购买价）。

通过选择主页底部的“**Terms of Business**”，可以在**Voltech** 的网站（www.Voltech.com）上查看当前完整的业务条款。

12.2. 服务和校准

为确保产品的准确性，建议每 12 个月进行一次校准检查。

使用 OEM 设备和软件系统进行校准校准。只能由经授权的 **Voltech** 服务中心进行校准。

有关校准设施和任何其他服务请求的详细信息，请联系您的供应商。**Voltech** 强烈建议您在需要服务之前与供应商讨论您的服务要求。可能提供延长保修和全面服务协议。

12.3. 配件

除 AT5600 附带的电缆、治具或保险丝以外，您需要的任何电缆、固定装置或保险丝，请联系您当地的 **Voltech** 供应商。

本手册第 17 页中第 1.4 节中给出了与您的设备一起提供的 **Voltech** 零件号。

完整的可用配件清单：

- USB 线
- Aux 接口 RS232 线
- Server 接口 RS232 线
- AC Interface 治具
- 治具套件
- DC1000
- 安全锁 Y 型线
- 脚踏开关
- 光幕
- 光幕接线
- 空气过滤器
- 测试探针
- 电源线

AT 产品提供的 RS232 电缆，**Voltech** 的零件号为 77-015，可用于与 DC1000A 连接。

用于将安全系统与 **Voltech** AT 系列测试仪相结合的安全锁 Y 型线为 VPN 250-031。

多台设备时，可使用 77-046 RS232 线将 safety interlock 输出连接至 safety interlock 输入。

13. 测试治具

用于与 AT5600 连接。

13.1. 介绍

本章介绍 AT 系列测试仪的治具系统。每个定制治具套件都提供了用于构建您自己的定制治具的全面说明和应用指南。完整治具系统用户手册零件号 98-028 可从 Voltech 网站获得。

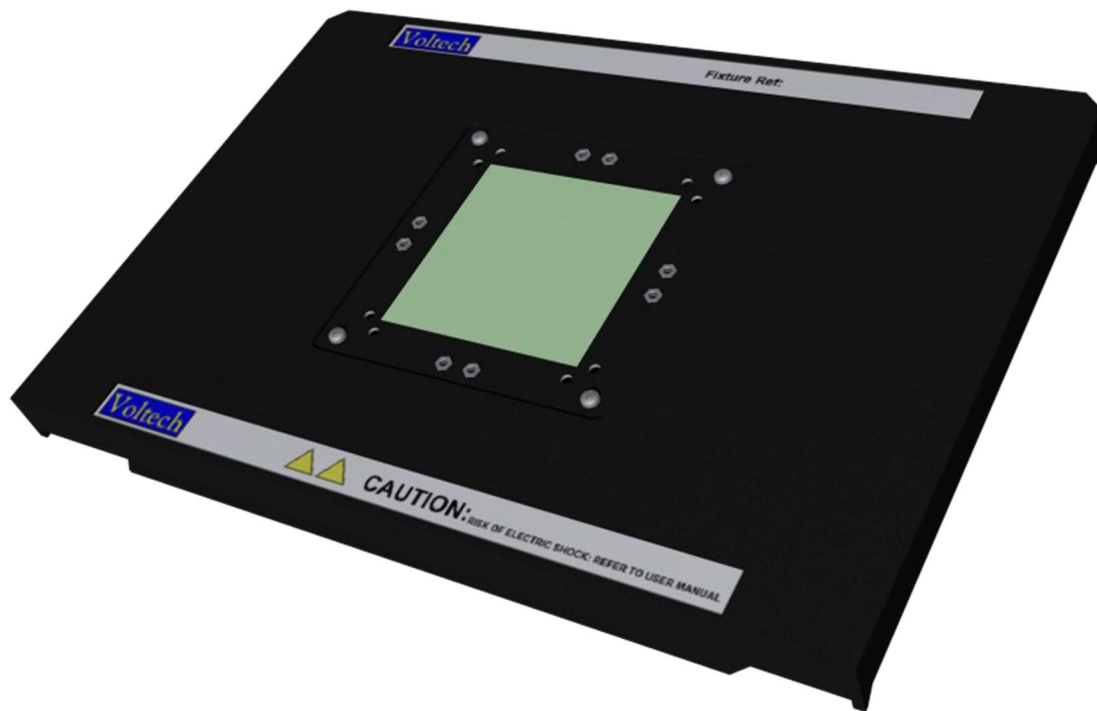
AT5600 可以对各种各样的绕线元件进行极其全面的一系列测试。为了充分利用这一能力，建议测试治具的构造适合待测试的每个产品。

测试治具基于包含连接销的治具板。它们通过测试仪节点引脚向测试仪提供接口，允许以可靠的方式快速插入和移除变压器，充分利用 AT5600 的高速测试能力。

使用构造良好的测试治具非常重要。这些好处包括：

- 尽量减少操作员疲劳度
- 确保最佳的可重复性
- 防止不必要的报废
- 提高测试效率

13.2. Voltech 治具系统



13.2.1. 治具系统的描述

Voltech AT 系列治具系统可根据您的需求自如并灵活的使用测试治具。所有治具都安装在治具板上，可用作空白治具板和治具套件，套件其中包含所有您需要的零件。治具设计用于连接具有以下特征的绕线元件：

尺寸：

针距最大可达 63.5 mm²

高度最大可达 63.5 mm

面积最大为 60 mm²

最大净重为 5.0Kg

连接类型：

- 贴片型
- 插脚型
- 接触型
- 飞线型

间距：

- 1.27 mm
- 1.96 mm (0.156")
- 2.00 mm
- 2.50 mm
- 2.54 mm (0.1")
- 3.81 mm (0.15")

此外，尽管有1.27 mm的间距，但只能预计预见待测元件的间距是 1.27mm 的倍数，并且不会有两个仅相隔1.27 mm的连接。

13.2.2. 兼容的连接类型

- 开尔文夹子
- 开尔文夹片（Automech 类型）
- 4mm 插座
- ATE 管脚类型（旋转式，面接触式，点触式，等）

治具系统用户手册中提供了合适的 ATE 类型的列表。

13.3. Voltech 40 孔治具板

配有 40 个 4mm 插座的治具板，有 20 个红色插座（power）和 20 个黑色插座（sense）。

插座底部的 40 个触点连接到测试仪上的 40 个节点接。

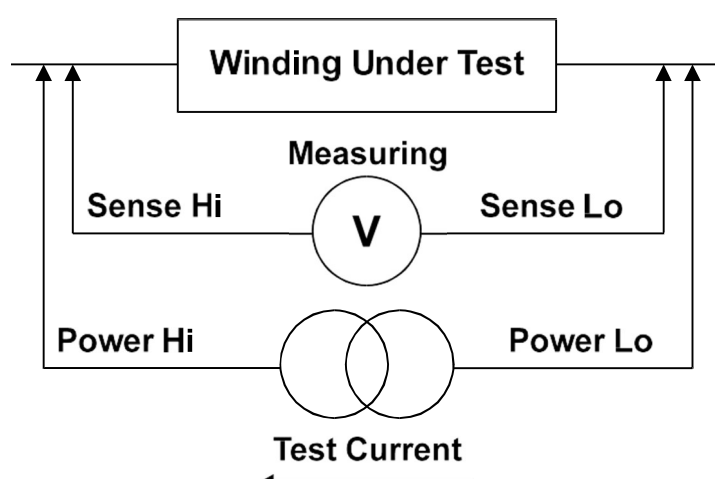
该治具可方便地连接现有治具，或作为连接飞线和夹子的一种方式，用于开发测试程序或在设计实验室测试零件。

13.4. 治具连接 – Kelvin 连接

在测量许多变压器参数，如绕组线圈电阻或电感时，测量电阻是非常有必要的。

测量阻抗的常规方法是通过未知元件传递测试电流，并测量由此产生的电压。电压除以电流得到所需的阻抗值。

在进行此类测量时，必须非常小心，不要将测试线的阻抗包含在结果中。避免此类问题，连接系统如下所示；它使用四线，通常被称为开尔文连接。



在这种布置中，测试电流通过两条 “ power ” 线，并使用两条 “ sense ” 线测量电压。

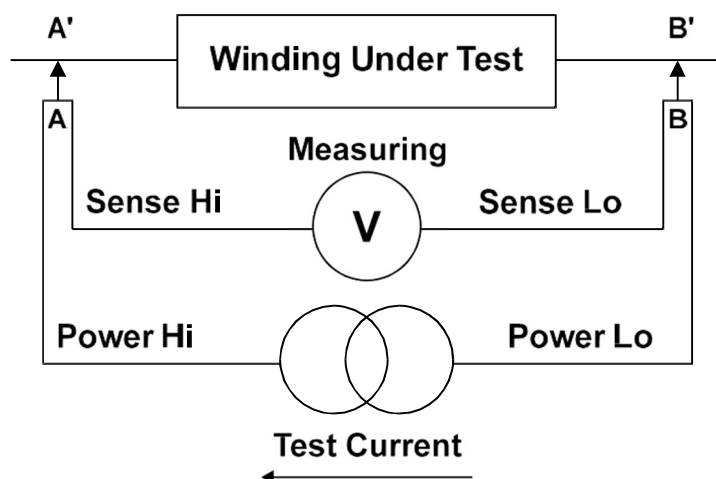
如果 “ sense ” 线尽可能地靠近测试设备，则测试电流产生的任何额外压降通过 “ power ” 线的阻抗是不会测量的。

因此，开尔文连接提供了最精确的电压传感方法，从而也提供了线圈阻抗。

理想情况下，所有阻抗测量将使用开尔文连接进行。然而，许多端子不允许将四线一直连接到被测产品的主体。

在这种情况下，应将单独的 power 线和 sense 线一直连接到端子底部，并且应将 “ common ” 线的长度（从 power 线和 sense 线的连接处，通过端子和产品导线到产品主体）保持在最小。

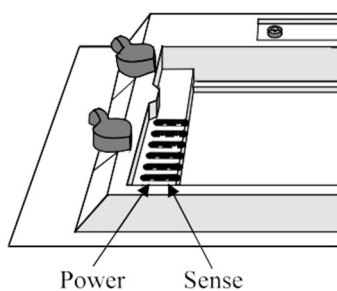
“ common ” 线长度在下图中显示为 AA' 和 BB'。



AT 系列测试仪提供了使用开尔文测量所需的所有连接。

每个测试节点是由一个 power 端和一个 sense 端组成。

下图说明了如何识别这些节点的功能。



POWER SENSE

端子均位于治具区域的外侧。
端子均位于治具区域的内侧。

重要：通常建议在所有测试治具中使用开尔文四线连接，尤其是对于小于 1Ω 的阻抗测量而言，它们是必不可少的。

13.5. 补偿

测试治具的补偿相当于元件分析仪上的短路和开路校正。它消除了杂散寄生效应引起的误差，杂散寄生效应通常是相邻导线、插座或引脚之间的并联电容以及沿导线长度的串联电阻和电感的组合。

除了开路和短路校正之外，**AT5600** 还得到了增强，以提供负载校正功能（仅适用于某些测试），类似于高端 **LCR** 仪表，它允许您使用传递函数来执行负载校正，该传递函数确定标准参考值（预测已知值）与标准实际测量值之间的关系。负载校正可消除无法使用开路和短路校正进行补偿的误差。

并非所有的测试程序都需要补偿，对于一些只包含高功率测试的程序，补偿是不可用的。

在使用编辑器软件开发测试程序时，最好尝试进行补偿。如果治具的补偿改变了测试结果，则应在程序在生产情况下运行时应用该补偿。

当程序首次加载到 **AT5600** 上时，必须进行补偿，然后存储补偿结果以供未来使用。

补偿偏移量故意不存储在程序中或设备中，因为这些偏移量是整个环境（程序、治具和测试仪）的特征，因此对于具有多个设备和/或多个治具的用户来说会变得混乱和不明确。

为了获得最佳精度，应进行补偿测量。

- 每当更换测试治具时
- 每天或工作期开始时
- 每当新测试程序加载到 **AT** 中执行时

有关 **Fiemware V1.002.000** 中
新增的“自动补偿存储”功能的详细信息，
请参考第 **8.1.6.5** 节。

13.5.1. 补偿概述 – 可用测试

TEST		COMPENSATION AVAILABLE?		
Description	Mnemonic	S/C	O/C	Load (User choice)
Continuity	CTY	Yes	No	n/a
DC Resistance	R	Yes	No	Yes
DC Resistance Match	R2	Yes	No	Yes
Inductance (Series circuit)	LS	Yes	Yes	Yes
Inductance (Parallel circuit)	LP	Yes	Yes	Yes
Inductance Match	L2	Yes	Yes	Yes
Inductance with Bias (Series)	LSB	Yes	Yes	Yes
Inductance with Bias (Parallel)	LPB	Yes	Yes	Yes
Impedance with Bias	ZB	Yes	Yes	Yes
Inductance with Bias Series (DC1000)	LSBX	Yes	Yes	Yes
Inductance with Bias Parallel (DC1000)	LPBX	Yes	Yes	Yes
Impedance with Bias (DC1000)	ZBX	Yes	Yes	Yes
Quality Factor	QL	Yes	Yes	Yes
Dissipation Factor	D	Yes	Yes	Yes
Equivalent Series Resistance	RLS	Yes	Yes	Yes
Equivalent Parallel Resistance	RLP	Yes	Yes	Yes
Impedance	Z	Yes	Yes	Yes
Impedance Phase Angle	ANGL	Yes	Yes	Yes
Leakage Inductance	LL	Yes	Yes	Yes
Inter-winding Capacitance	C	Yes	Yes	Yes
Inter-winding Capacitance Match	C2	Yes	Yes	Yes
Turns Ratio and Phasing by Voltage	TR	No	Yes	Yes
Turns Ratio and Phasing by Inductance	TRL	Yes	Yes	Yes
Low open Circuit Voltage	LVOC	Yes	Yes	Yes
Inter-winding Phase	PHAS	Yes	Yes	Yes
Insertion Loss	ILOS	Yes	Yes	Yes
Return Loss	RLOS	Yes	Yes	Yes
Longitude Balance	LBAL	Yes	Yes	Yes
General Longitude Balance	GBAL	Yes	Yes	Yes
Frequency Response	RESP	Yes	Yes	Yes
Magnetizing Current	MAGI	No	Yes	Yes
Open Circuit Voltage	VOC	No	Yes	Yes
Wattage	WATT	No	Yes	Yes
Stress Wattage	STRW	No	Yes	Yes
Magnetizing Current (AC Interface)	MAGX	No	No	Yes
Open Circuit Voltage (AC Interface)	VOCX	No	No	Yes
Wattage (AC Interface)	WATX	No	No	Yes
Stress Wattage (AC Interface)	STRX	No	No	Yes
Leakage Current	ILK	No	Yes	Yes
Insulation Resistance	IR	No	Yes	Yes
Hi-Pot (DC)	HPDC	No	Yes	Yes
Hi-Pot (AC)	HPAC	No	Yes	Yes
Hi-Pot Ramp (DC)	DCRT	No	Yes	Yes
Hi-Pot Ramp (AC)	ACRT	No	Yes	Yes
Voltage Break down (DC)	DCVB	No	Yes	Yes
Voltage Break down (AC)	ACVB	No	Yes	Yes
Surge Stress	SURG	No	No	Yes
Output to User Port	OUT	N/a	N/a	N/a

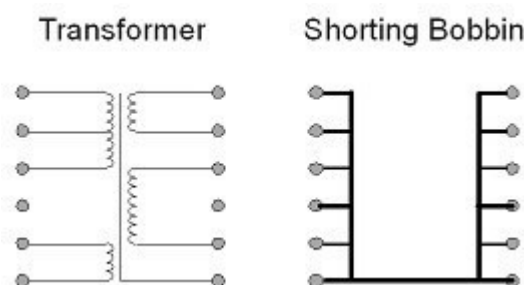
13.5.2. 设备需要

短路补偿

短路补偿需要用到短路线轴。

目的是在测试程序中短路所有线圈。

这通常是一个变压器线轴，每个线圈需要短路。要制作短路线轴，请在 **a)** 空白线轴或 **b)** 完整变压器的相关引脚上焊接短导线。



为了简单和灵活，您可以短接所有管脚，即使某些管脚未使用。同样一个短路线轴，可用于基于相同线轴的任何变压器。

开路补偿

对于开路补偿，应使用空线轴。

目的是连接测试程序中使用的 20 个节点中的每个节点上的每个 **Source** 和 **Measure** 对。

这使装置能够测量治具的寄生效应，并将其引至与变压器的接触点。这也允许从您的测量值中删除引脚/引线与变压器连接中的任何接触电阻。

如果使用带有开尔文夹片的治具，这可确保每个夹片对的 **Source** 和 **Measure** 的连接是 **OK** 的。

负载补偿

“标准参考件”由校准单位测量。然后将测得的标称值输入负载补偿框中的测试程序。然后调整 **AT** 返回的结果，以补偿来自系统的任何杂散寄生。

i.e.标准参考件

1. 标称值：获得标准参考件预先测量的已知值。测量值 = 100nH（将该值输入负载补偿测试程序）。
2. AT5600 执行负载补偿时，其测量值为 120nH。标称值 / AT 测量结果的比值存储在 AT5600 的存储器中，作为负载补偿比值。例如，这种情况下， $100\text{nH} / 120\text{nH} = 0.833$ 。
3. 然后，程序运行时，
显示结果 = 负载补偿比 * 测量值

本例中， $100\text{nH} = 0.833 * 120\text{ nH}$

选择短路、断路或负载补偿并按下前面板上的运行按钮后，测试仪将自动执行所有补偿测量并将结果保留在内部存储器中。

然后，补偿系数将在测试时应用于每个变压器。

13.6. 附注

创建或修改治具时，应考虑以下注意事项。

13.6.1. 谨防高压

在测试过程中，AT5600 可产生高达 7000V 的直流电压和高达 5000V 的交流电压。在构建测试治具时，必须牢记这一点。

如果可能，请始终将同样用于高压的节点编在同一组，以设计治具。

例如，在进行耐压测试时，把初级线圈编为一组，而次级线圈编为另一组。

在这种情况下，测试引脚的最佳布局（假设不受其他原因限制）是将所有初级线圈连接到治具板一侧的测试节点（例如，左侧使用节点 1/3/5/7 等），并将所有次级线圈连接到另一侧的测试节点（例如，节点 2/4/6）。

此外，如果需要测试两个次级线圈之间的绝缘性，则对一个线圈使用编号较低的节点（如 2/4/6），对另一个线圈使用编号较高的节点（如 14/16/18）组成的完全分离的组。

对于 PCB 板上安装的变压器，引脚之间的间距显然由变压器本身决定。如有必要，在每个开尔文夹片与其最近的夹片之间放置高压绝缘材料，以防止任何高压打火。

当带有飞线的变压器使用单独的端子时，应确保各个端子之间有足够的间距，以允许程序中存在高电压。考虑端子本身的外露（高压）金属部分和变压器导线的自由端，这些自由端可能会不小心插入，并且可能会弯曲以接触相邻端子。假设空气干燥，确保气隙中任何尖锐点之间的间隔至少为 3 mm/kV。在高湿度条件下，进一步增加分离度。

AT5600 治具板上端子或鳄鱼夹和触点之间的所有导线应覆盖绝缘层，能够承受程序中使用的测试电压。它们应尽可能短，并且一对 power-sense 线的引线不应接触与另一对 power-sense 线相关的任何裸金属。

应尽可能避免暴露（高压）金属与治具板表面接触的端子或互连，因为表面可能存在打火。如果需要这样的端子，必须确保金属件上没有尖锐的点或角，它们之间的表面非常干净，并且使用的间隔至少为 3 mm/kV。

13.6.2. 开尔文连接

始终保持开尔文连接（见第 13.4 节）。此外，当测量非常低的变压器阻抗时，确认开尔文通过端子与变压器引线之间的连接。

13.6.3. 机械故障

始终使用机械坚固的端子、插座或探头。不良的机械连接会影响测量，从而影响产品的产量和质量。

在使用过程中，定期清洁治具和连接器，以避免污垢和变压器清漆污染。脏的治具会导致接触不良和接触之间的绝缘电阻不良，并可能降低产品质量。

对每种类型的线圈元件使用单独的之间，因为这可以提高测试效率。

定制治具，以便快速轻松地连接到被测产品。例如，使用导向装置，以确保产品不会以错误的方式放在治具上。

最重要的是，当从单芯导线上拆下绝缘层时，导线在剥离时虽然不会有印迹或损坏，但在使用时可能随时会断裂。

13.6.4. 清洁测试销

测试治具底部的测试销也会随着时间的推移而失去光泽，并从制造环境中积累污垢和油脂。

Voltech 建议使用 Chemtronics Pow-R-Wash VZ 清洁测试销 /

<https://www.chemtronics.com/pow-r-wash-vz>

14. AT Editor

为 AT 系列变压器测试仪创建测试程序。

AT Editor 用户手册现已从本手册中删除，并作为单独的独立文档发布。

关于固件更新、自检和使用编辑器自定义 AT5600 的基本说明已留在本节中，但也在 AT 编辑器主手册中。The basic instruction on Firmware updates, Self-test and customising the AT5600 using the Editor have been left in this section, but also are in the main AT Editor manual too.

如需新版 dotNET AT Editor (V4.xx)，请看

98-125 - AT Editor dot NET user manual

如需老版 AT Editor (v3.xx)，请看

98-91 - AT Editor Legacy manual

两者都可以在网站上免费下载

www.voltech.com/support/downloads/

14.1. Firmware 升级

AT5600 的 firmware 控制如何执行测试、哪些测试可用以及接口（包括前面板）如何工作。

Voltech 定期提供新版 firmware，并免费提供电子档。

为了最大限度地提高 AT5600 的性能和使用寿命，您应该在可用时安装这些升级。

Voltech 网站下载：<http://www.voltech.com/Support/Downloads>

Firmware 升级分布以一个名为 “ 11-184 ATFirmware.atfw ” 的文件。

Firmware 升级只能通过 AT5600 的 USB-B 端口进行，不通过使用 USB-RS232 的 AUX 辅助端口。

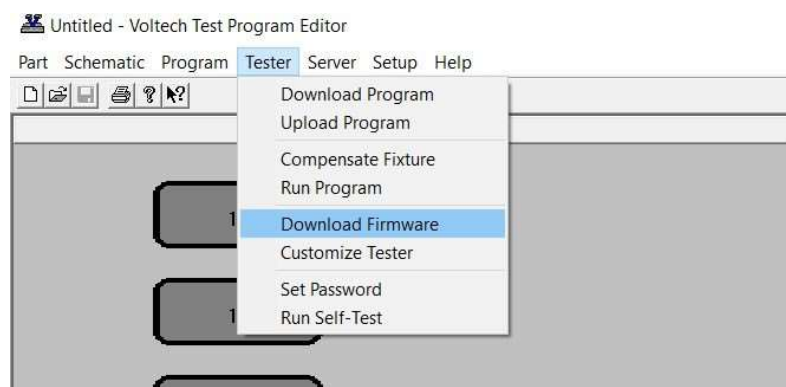
如需升级 firmware:

a) 运行 AT EDITOR 软件

这是非常重要的，确保您已经安装了 最新版本的 AT Editor 。

b) 通过 USB-B 端口连接 AT EDITOR 与 AT5600 。此时 AT5600 不要进行任何以太网连接。

c) Editor 上，选择 **Tester > Download Firmware**。



d) 选择您已下载（首先要解压）位于 “ 11-184 ATFirmware.atfw ” 文件夹中的文件。

Firmware 升级将从现在开始。Editor 软件的屏幕会出现一系列的对话框来确认升级过程的每个阶段。

下载大约需要 20 分钟。

此过程中，仪器会重启且显示界面会变黑，这些都是正常的。

如果在下载未完成前出现“**ERROR**”或“**FAIL**”（**AT5600** 的整个界面变白或变红）的对话框，请不要关闭 **AT5600** 的电源，并重复整个步骤 c) 的下载过程。

如果故障一直存在，请联系我们。

下载结束后，测试仪会自动重启，并且在界面上会显示最新版本的 Firmware。

然后您可以向以前一样继续使用测试仪，且可以立即享受新 firmware 提供的诸多好处。

警告：在升级过程中，请不要关闭 AT 测试仪或者断开测试仪的通信。如果真的发生了这种情况，重新下载 firmware，也是能成功的。

该设备的启动代码是永不更改的，因此即使在先前下载失败的情况下，也仍然可以继续下载 firmware。

14.2. 自检

自检是由测试仪进行的一系列检查，以确保设备正常工作。它无法检查测量是否符合规范，但可以检查大多数功能是否正常工作。

虽然 AT5600 将自动检测并报告可能导致测量不正确的大多数故障，但建议在每天开始时运行系统测试，以增强 AT5600 正常运行的信心。

也可以通过前面板菜单系统运行自检，参见第 8.1.7 节自检。

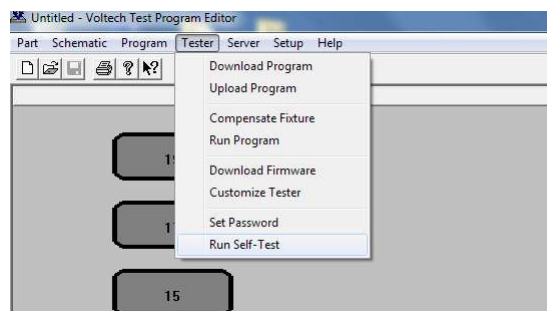


在开始自检之前，请确保未安装任何治具，且 AT5600 顶板上的任何测试节点均未接触。只有当安全锁处于安全状态时，才能运行自检。

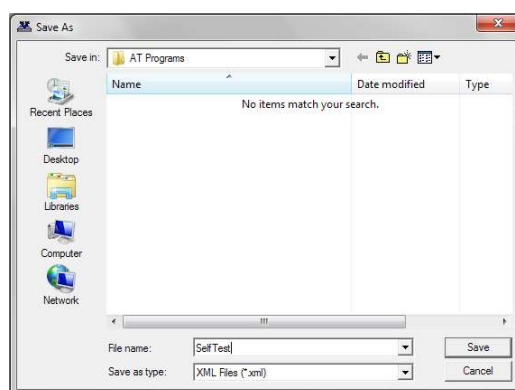
注意：如果已正确连接到安全锁、安全装置，则 AT5600 顶板上的所有测试节点上都存在高达 7000V 的高压。

如需运行自检：

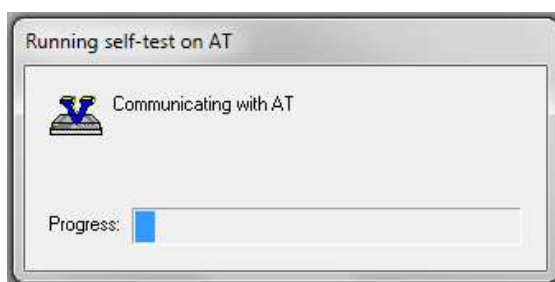
- a) 运行 AT EDITOR 软件
- b) 使用USB（推荐）通讯或是 RS232 通讯连接 AT EDITOR 与 AT5600。
- c) Editor 上，选择 **Tester >Run Self-Test**。



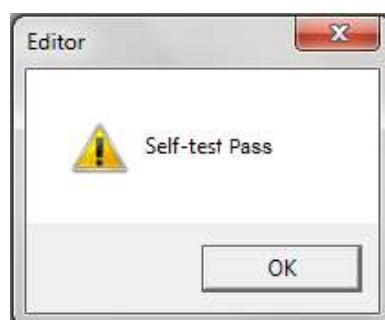
- d) 在“Save As（另存为）”提示下，为将要保存结果的文件输入一个名称，在下面的示例中，文件名为 SelfTest.xml，然后选择“Save”。



e) 开始自检，界面将会出现如下对话框。



f) 自检完成后，将出现如下对话框。



g) 如果自检失败，将会跳出一个“Self-Test Fail”的对话框。请联系我们。包括自测日志文件、SelfTest.xml 等文件一并fa给我们。

14.3. 自定义测试

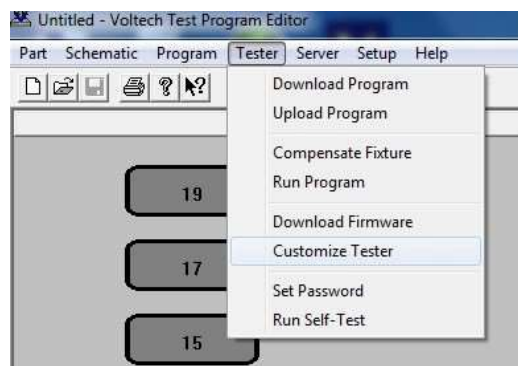
AT Editor 软件中的自定义测试仪功能应用于解锁新购买的测试。

要确定哪些测试可用，哪些已启用，请使用触摸屏查看
SET UP > UNIT INFORMATION > TEST LIST

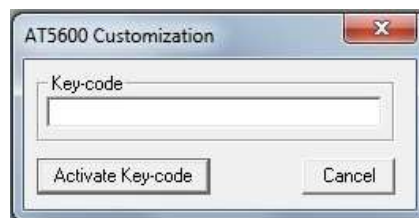
在购买任何锁定测试前，您也可以通过密钥，免费体验该项测试 30 天。
测试列表中的一些测试正在开发中，因此暂时还不可用。

如需启用新的测试：

- a) 运行 AT EDITOR 软件
- b) 使用USB（推荐）通讯或是 RS232 通讯连接 AT EDITOR 与 AT5600。
- c) Editor 上，选择 **Tester >Customize Tester** 。

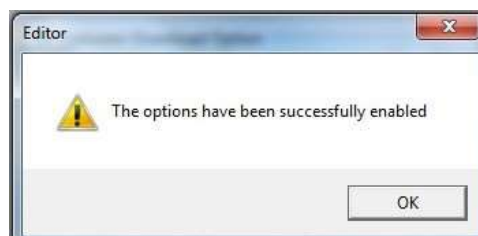


d) 将会跳出如下对话框。



e) 输入一个新的密钥，选择 **Activate Key-code** 。

f) 完成后，将会显示如下对话框。



15. AT Server

为 AT 系列变压器测试仪提供集中的测试数据。

AT Server 用户手册现已从本手册中删除，并作为单独的独立文档发布。

如需新版 dotNET AT Server (V4.xx)，请看

98-122 - AT Server dotNET user manual

如需老版 AT Server (V3.xx)，请看

98-92 - AT Server Legacy manual

两者都可以在网站上免费下载

www.voltech.com/support/downloads/

16. 手册，软件，**Firmware** – 修改日志

请在下面查找本用户手册、AT5600 firmware 和AT系列软件的更改历史记录。

所有用户都可以从我们的网站免费下载这些。

Voltech 致力于持续改进和开发产品的政策。

因此，本手册中的产品规格和信息可能会发生变化。

下面将概述这些改进、修正以及新的功能。

16.1. AT5600 用户手册

Version 21

8.1.15 updated for new USB A 1+2 icons on front panel for Keyboard, Barcode or Printer identification.

14 + 15 updated to point to new standalone user manuals for AT editor and AT server software.

Version 20

Added instructions for AT3600 compatibility mode and new Language settings.

Compatibility mode will only be available when used with the new version of dotNET AT Server that will be released in future.

Version 19

8.1.13 added instructions for NEW AT3600 compatibility mode and NEW Language settings

7.48 - added WAIT test for future release

7.49 + 10.2.33 - added PWRF power factor test for future release

7.25 PHAS - Convention for returned result added and clarified

Version 18

Maintenance release to match FW 1.002.039

Version 17

7.37 7.38 7.39 referred to 7.13 for best practice when testing autotransformers + centre taps to avoid common mode errors with Hi LO nodes.

7.7 added clarity on LS LP models used.

4.1.4 added clarity on LPG max current.

7.13 / 7.14 updated to refer to LS table for best test conditions as with any of the other LPG test.

1.4 updated package contents.

General index updates to allow named destinations for simpler direct web links to pages

Version 16

14.5.1 + 14.5.3 Audit and diagnostic test now return "0.000" on a run where they are not invoked.

Version 15

9.2.3 Updated definition of VPRES after HPAC HPDC IR test to make clearer the (silent) operation of this feature, and criteria for triggering of this VPRES error code.

7.27+28+29, 14.6.23+24+25 Added "best practice advice" on using all available nodes for HPAC, HPDC and IR to ensure controlled ramp down and discharge on all of the transformer.

7.14+ 14.6.11 TRL – defined the functionality if AUTO conditions are selected for the secondary on the TRL test.

5.6 + 8.1.6.2/3/4/6 + 8.11.4 Added USB Barcode reader functionality , set up, use and status icons

8.1.13 Added new screen to display available tests, and test status of demo tests.

8.1.6.8 Added new Schematic Screen.

8.1.6.5 + 13.5 Added details on new Automatic Compensation Storage feature implemented in this release.

Version 14

10. xx Added AR terms to each spec page for ease of use.

15.5.5.3 Added tips to database section regarding POL tests

14.5.2.3 Add hints and tips on best test grouping for optimum speed execution.

Version 13

10.1 Corrected typo in LVOC measurement spec – corrected from 100mV minimum to 1mv minimum.

14.5.10 Removed Password protection from AT SERVER as this is a very outdated way of protecting programs. Read/Write permissions on folders via your IT system is the simplest and preferred way to secure ATP files.

Version 12

14.5.1.12 + 14.5.3 Added clear definition of "-1e-15" results for Audit and Diagnostic tests, when not executed.

14.5.1.15 Custom text now available.

10.3.6 Added definition of switching times to OUT TEST.

14.5.1.9 Clarification of Date and Time on Results setting in AT Editor.

Version 11

7.30 Updated SURGE description with explanation of variable sample rates and limits

7.32 +34+36+38 Added explanation for X-tests and voltage trimming when using a step-up transformer and AC Interface 10.1 Corrected typo in lower measurement range on HPAC HPDC etc. – should be uA, not mA

7.37 Added note about using VOC with constant current settings.

8.xxx Updated all of chapter 8 for the new GUI on V1.000.000 of the firmware.

10.3.3 Added details of Voltech Foot switch to REMOTE port section.

15.5.5.3 Added explanation for IDs used in the 4 server database tables.

10.2.7 removed ambiguity in MAGX specification for ease of calculation.

10.2.19 Simplified GBAL spec to be same as LBAL

10.2.25 Corrected typo in PHAS Ac specification term.

16.2. AT5600 Firmware

V1.003.070 10 JAN 2021

INTERFACE

Added checksum to compensation storage to detect corruption.
 Added timeout to USB Host reads.
 Re-added OUT test to the test list screen.
 Calibration date month on the start screen now displays as 3 letters. Such as APR for April.
 Added new status bar icons that represent each separate USB port and update to show what is plugged into each port.
 Fixed touch screen calibration bug
 Adds a software run button to execute, compensation, and self-test screen. This mirrors the RUNS STOP button to the touch screen.

SELF TEST

Adjusted some self-test relay timing tests that weren't recording the proper time of the relay opening/closing.
 Modified source node resistance self-tests to calculate resistance using the resistance execution engine.

TESTS

LSBX LPBZ ZBX - Modified external DC1000 dc bias tests so that energization is maintained across tests in a DC A sweep
 LSBX LPBZ ZBX - Fixed stability issue with DC1000 External-Bias tests.
 MAGI VOC WATT - Enhancements to MAGI VOC WATT Class D stability during self-test and normal test execution.
 R - Adding a fixed 40ms delay to the beginning of a resistance test directly after energization of the CCS.
 LBAL GBAL - Added LBAL/GBAL common mode compensation during short CCT comp.
 PHAS - Fixed bug that caused PHASE test results to vary between measurements
 LL - Modified LL to use less compiled tests, which caused a problem in programs with multiple LL tests.
 IR - Enhancements to improve accuracy.
 HPAC HPDC - Fixed bug that was causing some higher HPAC HPDC dwell times to not wait for the specified amount.
 MAGX WATX VOCX - Removed MAGX VOCX WATX external source 230V trim limit to be in line with AT3600 behaviour
 WAIT - WAIT test now released.

V1.003.052 02 JUL 2021

INTERFACE

Fixed bug that caused some units to have issues unlocking keycodes with specific tests enabled.

Fixed bug that resulted in some tests having incorrect units displayed with the result.

Fixed issue where load compensation did not recall stored values properly.

Fixed bug that caused stored compensation to not delete properly from storage.

Fixed text area on part list screen when entering more than 23 characters.

Added new touch calibration that can be accessed on the unit info screen.

SELF TEST

A large amount of self-test changes to increase stability and remove false fails.

TESTS

IR - Fixed ranging issue that could cause Insulation Resistance test to loop endlessly.

LVOC - Adjusted the dc measure option on LVOC test.

MAGI - Fixes the inverted logic on the trip disable during MAGI. Less than 70Hz was disabled and greater than was enabled.

MAGI VOC WATT - Fixed class D ramp up that would sometimes cause unit crash or class d overload error.

WATT - Adjustment to the calculations for the WATT measurement to correctly apply the parallel resistance

V1.003.024 – 08 JAN 2021

INTERFACE

Added multilingual support - Chinese Language option implemented.

SELF TEST

Enhanced self-test detection of faulty relays.

Self-test now takes 2 minutes and checks unit more thoroughly.

Improved reliability of self-test - improved limits to remove false failures.

TESTS

ALL - Improved integration stability for all test types.

ALL - Improved stabilization for all test types.

ALL - Improved the shutdown process for the generators to better protect relays.

HPAC - Fixed breakout conditions for excessive current in high pot tests.

HPDC - Added a High Pot DC shutdown process to discharge any charged capacitance on non-energized nodes.

LL - Improved accuracy of Leakage Inductance. Improved model for parts with multiple secondaries or centre taps on windings.

LSB LPB - Improved bias offset correction in internal bias tests.

LSB LPB - Improved ranging in internal bias tests.

LSBX LPBX - Improved bias offset correction in external bias tests.

LSBX LPBX - Improved ranging in external bias tests.

MAGI - Fixed breakout conditions for excessive power in magnetizing current tests.

MAGI - Improved trimming capability on MAGI tests to reduce false 0020 error codes.

MAGI VOC WATT - Fixed bug that prevented execution at 20 Hz.

R - Improved accuracy of Resistance tests.

TR - Improved compensation model for TR type tests, especially for multi tapped parts

TR LL R - Improved compatibility of compensation storage for Turns Ratio, Resistance and Leakage Inductance tests.

FUTURE DEVELOPMENT - COMING SOON

FRONT PANEL MEASURE MODE - run individual tests from the front panel

PWRF - Power factor test – 0-270V Power factor test

WAIT – Pause feature for fixed duration or wait for user to restart

E-dt – Volts uSec test for pulse transformers

CTM CTP – Current transformer tests

V1.002.039 – 12 AUG 2020

Maintenance release to fix a variation in touchscreen display chip timing that did cause occasional resets on some hardware on previous firmware versions.

V1.002.038 – 02 APR 2020

NEW FEATURES

Added Compensation Storage for load, open circuit, and short circuit compensation.
For more info see 8.1.6.5 + 13.5

Added HID USB Barcode Scanner and HID USB keyboard functionality.
For more info see 5.6 + 8.1.6.2/3/4/6 + 8.11.4

Added Schematic View on AT5600 screen.
The new Schematic soft key gives you overview of connections. . For more info see 8.1.6.8

Added Tests Enabled screen under Unit Info – Test List.
For more info see 8.1.13

Audit and diagnostic test now return “0.000” on a run where they are not invoked.

COMMS

Fixed delay in printing program results.
RS232 over AUX port improved for speed
RS232 was dropping data during transfer to RX Buffer and is now fixed.
Unit very occasionally stopped while executing tests. Lock up is now caught and fixed

INTERFACE

Added a page showing which tests are currently unlocked, accessed through the unit info screen.
Added a serial text box on program running screen that allows quick changes to the next serial number.
Added progress bars to the compensation screens.
Error with print error screen not showing during specific circumstances has now been fixed.
Failed tests now show up in red on results screen.
Fixed Issue where safety interlock was not updating GUI when disconnected even though voltage was turned off.
Progress bar was not being reset when "retry" was selected during Stop on Fail
The Run/Busy LED now illuminate properly after a kelvin failure.
The running screen now shows the currently executing test type.
Typo on compensation screen was fixed.

TESTS

HPAC - Improved HPAC execution speed.
HPDC - Added support for VPRES. If a high pot test does not drop to less than 5mA and less than 100V within three seconds, VPRES error code will be set. (HPAC HPDC IR ACRT DCRT ACVB DCVB)
IR - Improvement to insulation resistance to improve execution speed.
LL - Improved the LL test method to allow reverse energization of high turns ratio parts. High turns ratios create weak shorts which gave poor LL results.
LL,TR, TRL, LVOC, PHAS - Improved accuracy and polarity measurement issues.
LSBX - Execution speed for external bias tests is now comparable to the 1.001.026
LSBX - Fixed LSBX test taking longer than expected on some parts. External DC tests now take 1 second minimum to stabilize + execute
LSBX LPBX ZBX- Exponential forecasting model added for improving accuracy on external source tests using the DC1000.
MAGI - Adjusted tripping philosophy to improve the execution speed and result accuracy
MAGI - Adjusted tripping philosophy to improve the execution speed and result accuracy
MAGI, VOC, WATT - Added specification-based integration which improved test speed for Class D tests especially on short or medium integration

MAGI, VOC, WATT, STRW - Class D tests no longer report occasional 0004 error codes.
MAGI, VOC, WATT, STRW - Improved the trip algorithm, improving stability of the Class D tests and reducing false error codes.
PHAS - Fixed PHAS test not trimming properly.
R - Improved short circuit compensation of resistance tests
R - Improved the execution speed of the DC resistance measurements
R - Reduced the amount of drift over time in resistance by a factor of 10%
SURG - Added a learning algorithm to select a better sample rate for SURG tests. This sample rate is now independent of limits that are selected and provides parity between measure mode and test run.
VOC - Fixed bug that caused OC comp to fail in some special cases of centre tapped transformers
ZB, LSB, LPB, ZBX, LSBX, LPBX - Added specification-based integration which improves test speed for these tests, especially on short or medium integration

ZB - Fix to ZB Compile process to deal with STAT 0020.
HPDC - Fixed error code 0020 on IR and DC-EHT following a MAGI test. The issue was caused by the trip system latching during the shutdown process and not clearing for the HPDC test.
DCRT - Fixed DC ramp test reporting pass when it should fail.
LL - Fixed LL accuracy issue caused by running open circuit compensation.
LSB LPB ZB - Added Offset measurements to the LPG, voltage channel and current channel to improve stability of LSB, LPB and ZB measurements.
R - Improved compensation model for the resistance test.
TRL - Fixed TRL trimming issue on secondary caused by failing to preserve the shunt for the polarity measurement.

SELF TEST - ID1020 now has the filter state set properly so does not report false fails.
SELF TEST - Adjusted the self-test limits for GN01 open and close timing to reduce false self-test failures

KNOWN ISSUES - Issues being worked on for future release

Improvements to capacitance accuracy at very low capacitance <10pf
Fails DCRT - occasional status errors or mis-reads - suggest HPDC as alternative
Fails ACVB - occasional status errors or mis-reads suggest HPAC as alternative
Fails DCVB - occasional status errors or mis-reads suggest HPDC as alternative

FUTURE DEVELOPMENT - COMING SOON

FRONT PANEL MEASURE MODE - run individual tests from the front panel
CHINESE language - Translation of all front panel menu text.

V 1.001.026 –18 FEB 2019**COMMS**

When printing failures only to USB printer, the AT now prints the test number not the row position. (ID 9060)

This version also takes care of the editor locking up when running a program on the AT5600 while the safety interlock is already broken

Improved the TCP/IP connection process to be more robust.

Safety aborts are no longer latched while the Kelvin failure screen is shown.

The RUN led on the front panel is no longer left illuminated while the printing and communications are in progress.

GENERAL

Stop on fail is now followed by a safety interlock check.

Kelvin checks are now followed by a safety interlock check.

Resolved an issue that caused the AT5600 to crash if the printer ran out of paper.

The remote BUSY light now turns on appropriately.

Changed the text 'Transformers Tested' to 'Programs Run' on the program execution screen.

Stop on fail now uses the user set failure beep setting.

Added specification-based integration for CTY, R, R2, LS, LP, L2, QL, D, RLS, RLP, Z, ANGL, TR and LVOC to improve speed

Fixed an issue with self-test ID 3100 false failing

Added a method to detect and recover from disruption on the USB peripheral.

Added the ability to move to a non-ideal resistance range combination when in high noise environments.

TESTS

HPAC Modified the trip level for the AC-EHT generator to allow it to execute high voltage high frequency tests without tripping.

HPAC HPDC Improved the trimming for low level class D, HPDC and HPAC tests to reduce the chances of a spurious 0020 error code.

LL Deleted a legacy correction coefficient on the leakage inductance test.

LSB LPB ZB Compensation and Dc bias trimming is now improved for LPB and ZB tests.

LSBX LPBX ZBX Compensation is now improved for LSBX, LPBX and ZBX tests.

LS LP The accuracy has been improved at 1MHz and up. This improvement also requires re-calibration

LVOC LVOC test signal trim improvement

LVOC LVOC tests now use turns ratios compensation method.

MAGI Mean sense RMS scaled in MAGI now works properly.

MAGI VOC WATT The ranging and learning process for class D tests has been modified to prevent false overloads.

MAGX MAGX tests now re-use energization properly if the energized test is the first test.

R CTY Improved the ranging process for DCR to prevent range hunting.

R CTY Increased the current ranges for DCR range combinations to reduce the decrease the probability of 0002 error codes.

R CTY Improved the low impedance detection on high DC resistance range combinations.

R CTY Resistance ranges and signal levels have been adjusted to give improved accuracy, particularly around 100 ohms.

TRL L2 Improved the trimming algorithm for TRL and L2 to reduce the effect of limits on the measured value when in auto mode.

VOC Improved noise rejection for VOC tests by utilizing harmonic analysis. (ID9515)

VOCX WATX MAGX Improved the execution sequence for MAGX, WATX and VOCX to dramatically increase execution speed.

VOCX WATX MAGX Added class D current limiting to the energization process for MAGX, WATX and VOCX tests when used with AT output + Transformer

VOCX WATX MAGX External magnetizing tests no longer disable ESE even when the signal level or frequency changes. ESE is enabled for all sequential AC IF tests.

V 1.001.007 – 21 SEP 2018

FUNCTIONALITY

GUI - Serial numbers for transformers no longer auto increment on stop or safety stop. They only increment on a result of "PASSED" or "FAILED".

GUI - Safety stops are now only posted if a program, self-test, or compensation is running.

GUI - Added a box around text in the execution screens around instruction text. This differentiates the instructions from the status information.

GUI - Changed the button "CANCEL" to "SUSPEND" on the results return error screen.

GUI - Changed the button "CANCEL" to "SUSPEND" on the printer error screen.

GUI - Increased the size of the top two touch areas in the part list to decrease the likelihood of a missed touch.

GUI - Returning to the program execution screen after a user or safety abort on the first run of a program no longer corrupts the Custom Text field. The proper stop screen is shown instead.

GUI - The results screen no longer jumps when at the bottom page after a full screen paint

COMMS - Fixed communications with the server locking the product.

COMMS - Server failures no longer cause a problem if they happen at the same time as a printer failure.

COMMS - The AT no longer freezes when the printer runs out of paper. The printer error screen is shown instead, and the user can retry the print operation.

COMMS - Programs can now be run after a SUSPEND COMMS to server if user chooses.

COMMS - The pass LED + REMOTE signal is now illuminated after power on offsets and self-test is finished. This matches AT3600 behaviour and helps with customers' existing integration systems

TESTS

TRL - Fixed accuracy and 0020 error code in TRL.

R - Improved the accuracy of drift correction for resistance test over unit warm up period.

STRW - STRW now has extra stabilization before trimming and measure.

Voltech AT5600 Transformer Tester

AT5600 User Manual

© Voltech Instruments All rights reserved.

No part of this publication may be produced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form, or by means, electronic, mechanical photocopying, recording or otherwise without prior written permission of Voltech.