

GDGC-600T

发电机特性综合测试系统

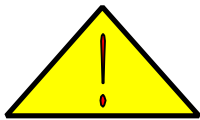
产品操作手册

武汉国电西高电气有限公司

尊敬的用户：

感谢您购买本公司 **GDGC-600T 发电机特性综合测试系统**。在您初次使用该产品前，请您详细地阅读本使用说明书，将可帮助您熟练地使用本仪器。

我们的宗旨是不断地改进和完善公司的产品，如果您有不清楚之处，请与公司售后服务部联络，我们会尽快给您答复。



注 意 事 项

- 使用产品时，请按说明书规范操作
- 未经允许，请勿开启仪器，这会影响产品的保修。自行拆卸厂方概不负责。
- 存放保管本仪器时，应注意环境温度和湿度，放在干燥通风的地方为宜，要防尘、防潮、防震、防酸碱及腐蚀气体。
- 仪器运输时应避免雨水浸蚀，严防碰撞和坠落。

本手册内容如有更改，恕不通告。没有武汉国电西高电气有限公司的书面许可，本手册任何部分都不许以任何（电子的或机械的）形式、方法或以任何目的而进行传播。

目 录

一、引言.....	4
1.1 仪器简介.....	4
1.2 特性和技术参数.....	5
二、仪器组成.....	7
2.1 硬件组成.....	7
2.2 软件组成.....	9
三、仪器操作.....	14
3.1 仪器启动与关闭.....	14
3.2 仪器设置.....	14
3.3 软件系统升级.....	14
3.4 虚拟键盘.....	15
3.6 通道率定.....	17
3.7 试验数据导出.....	19
3.8 数据保存与读取.....	20
3.9 生成试验报告.....	20
3.10 示波器操作.....	21
3.11 运算组合分析.....	26
3.12 交叉图形工具.....	27
3.13 傅里叶频频分析.....	28
3.14 谐波分析.....	30
3.15 图形编辑.....	31
3.15 有效值和交流功率计算.....	32
3.16 三相分析.....	33
3.17 相量图工具.....	35
四、试验模板.....	36
4.2 12/8/6/交流录波试验.....	36
4.2 发电机空载特性试验.....	37
4.3 发电机三相短路特性试验.....	39
4.4 甩负荷试验.....	42
4.5 机组同期试验.....	44
4.5 励磁系统 10%阶跃响应试验.....	45
4.6 励磁系统电压频率特性.....	47
4.7 励磁系统灭磁特性.....	48
五、注意事项.....	49
六、运输、贮存.....	50
七、开箱及检查.....	50
八、其它.....	51



GDGC-600T 发电机特性综合测试系统

一、引言

1.1 仪器简介

GDGC-600T 发电机特性综合测试系统是武汉国电西高电气有限公司开发的瞬态信号记录仪器，仪器内部软件预置了针对发电机调试的试验模板，使用户可以通过 **GDGC-600T** 很方便的完成发电机短路特性试验，空载特性试验，励磁系统扰动试验，励磁系统 10%阶越试验，灭磁常数测量，自准同期装置校验，机组甩负荷记录等试验。

GDGC-600T 具有丰富的软件组件使用户可以通过软件组件，自由进行图形分析，组合运算，有效值计算，交流功率计算，三相对称性分析，频谱分析，谐波分析，曲线相关性分析，图形编辑和相量图绘制等操作。试验数据和分析结果可以生成 WORD/EXCEL 形式试验报告，也可以通过软件生成 JPG 图片导出，以方便用户对试验结果进行深入的分析和处理。

GDGC-600T 具有 12 路模拟量输入和 5 路无源开关量输入节点，最高采样频率可达 100KHZ，基本可以满足电力系统各种试验的瞬态信号记录要求。并且所有的模拟通道之间均相互隔离，以避免试验中不同电位点的连接问题导致被测系统发生故障。



1.2 特性和技术参数

1.2.1 软件系统

GDGC-600T 具有功能强大的软件系统，软件系统实现的功能主要包括数据采集，数据压缩存储，波形分析与统计，图形绘制工具，频谱分析工具，波形组合运算工具，谐波分析，有效值计算，功率计算，三相对称性分析，相量图工具等。其特性可概括如下：

- 1、实时绘制试验曲线，并且提供多种曲线分析工具，使用户可以对曲线进行任意缩放和定位操作。
- 2、可以对当前示波器中的图形进行编辑，包括自由标识，颜色变换等，以方便试验报告的制作。
- 3、提供了频谱分析工具使用户可以方便的获取信号的频谱图形。
- 4、可以任意的选择信号作为 X 轴，Y 轴绘制信号的关系曲线。
- 5、提供了谐波分析工具，可以对采集的信号进行谐波分析，最高谐波次数为 1024 次。
- 6、组合运算工具使用户可以对所采集的信号进行加，减，乘，除和积分等运算。
- 7、计算选定通道信号的有效值，功率。
- 8、对选定的三相信号进行功率和对称性分析。
- 9、绘制定信号相量图。
- 10、通过软件选择通道信号类型：直流瞬时值或者交流有效值。
- 11、内置了发电机三相短路特性曲线，空载特性曲线，励磁系统扰动



试验，灭磁时间常数，频率电压特性，甩负荷试验，自准同期试验的标准试验模板，软件自动计算试验结果参数。

- 12、仪器能够自动生成 WORD 试验报告，Excel 试验报告。
- 13、试验报告对曲线进行自动标识，使试验报告制作实现完全自动化。
- 14、所有采样通道的名称和单位都可以重新定义。
- 15、各种试验的试验环境设置和仪器设置自动保存。
- 16、自动计算各种试验模板的试验参数。
- 17、简单方便的通道滤定方式。
- 18、使用 U 盘或移动硬盘等存储设备方便的导出试验数据。
- 19、Windows XPE 操作系统，可以实现软件系统自我保护与恢复，防止病毒攻入与侵蚀。
- 20、采用防抖动处理，避免用户错误操作。

1.2.2 硬件系统

GDGC-600T 硬件系统特性和技术参数如下：

- 1、12 路低电压 / 电流模拟量采集，电压输入范围 -10V~10V，-200V~200V，-400V~400V，电流输入范围 -20mA~20mA
- 2、电压通道输入范围，电压或电流信号类型选择，通过软件选择
- 3、信号采集误差：

-400V~400V	误差<0.5V
-200V~200V	误差<0.2V
-10V~10V	误差<0.01V
-20mA~20mA	误差<0.02mA

- 4、5 路无源节点开关量测量通道
- 5、分体式机箱结构，操作终端使用户可以更方便控制试验和分析数据
- 6、2 个 USB 口用于数据下载或键盘/鼠标输入
- 7、12.1 寸大彩屏显示，触摸屏方式实现人机交互
- 8、仪器自带 8G 数据存储空间
- 9、采样通道输入阻抗

-10V~10V 电压档位 输入阻抗>10M 欧

-200V~200V 电压档位 输入阻抗 820K 欧

-400V~400V 电压档位 输入阻抗 820K 欧

-20mA~20mA 电流档位 输入阻抗 200 欧

二、仪器组成

2.1 硬件组成



图 1 便携式录波仪机箱



图 2 仪器面板

便携式录波仪的仪器实物如图 1 所示。仪器面板的详细结构如图 2 所示，面板上标识的 1，2，3，4 区域功能如下。

- (1) 区域 1 是试验接线区，所有的试验接线都在该区域完成
- (2) 区域 2 是电流通道保险，每个电流通道都装有 0.2A 的保险管
- (3) 面板的右边是 12.1 寸触摸显示屏，可以通过触摸屏完成对仪器的所有控制。
- (4) 右下方展示了仪器的面板键盘，接盘结构如图 3 所示，详细的按键功能如下。

- <1> 0~9 数字输入按键
- <2> “.” 小数点输入按键
- <3> \wedge 向上方向键， \vee 向下方向键
- <4> 退格，删除键
- <5> ESC 退出按键
- <6> OK 回车，确定键

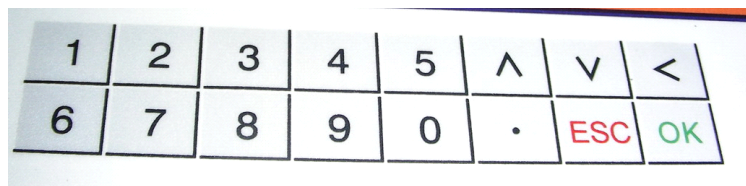


图 3 按键

2.2 软件组成

2.2.1 试验选择主程序



图 4 试验选择主界面

仪器软件系统由试验选择主程序和试验程序两大部分组成, 仪器的试验选择主界面如图 4 所示, 试验选择主界面的功能包括:

- (1) 试验程序切换
- (2) 仪器基本设置
- (3) 仪器使用帮助说明
- (4) 仪器软件升级接口



(5) 系统时间设置

2.2.2 试验程序

仪器软件系统最大的一部分是试验程序，其基本功能包括：

- (1) 试验环境设置
- (2) 试验数据采集
- (3) 试验数据分析
- (4) 试验结果展示
- (5) 试验报告生成
- (6) 试验数据和结果的存储，导出
- (7) 历史数据浏览
- (8) 试验报告二次加工

典型的试验程序界面如图 5 所示，仪器的绝大部分试验程序都遵循同样的流程和规律，仪器试验的基本时序流程如下：

(1) 试验环境设置，包括采样频率，试验总时间，试验参数设置，波形展示方式，通道类型设置等

(2) 进入等待试验界面，用户设置试验的示波器参数（包括通道名称，单位，数据范围，是否显示等），进行通道率定（设置仪器采集信号和实际物理量的对应关系）

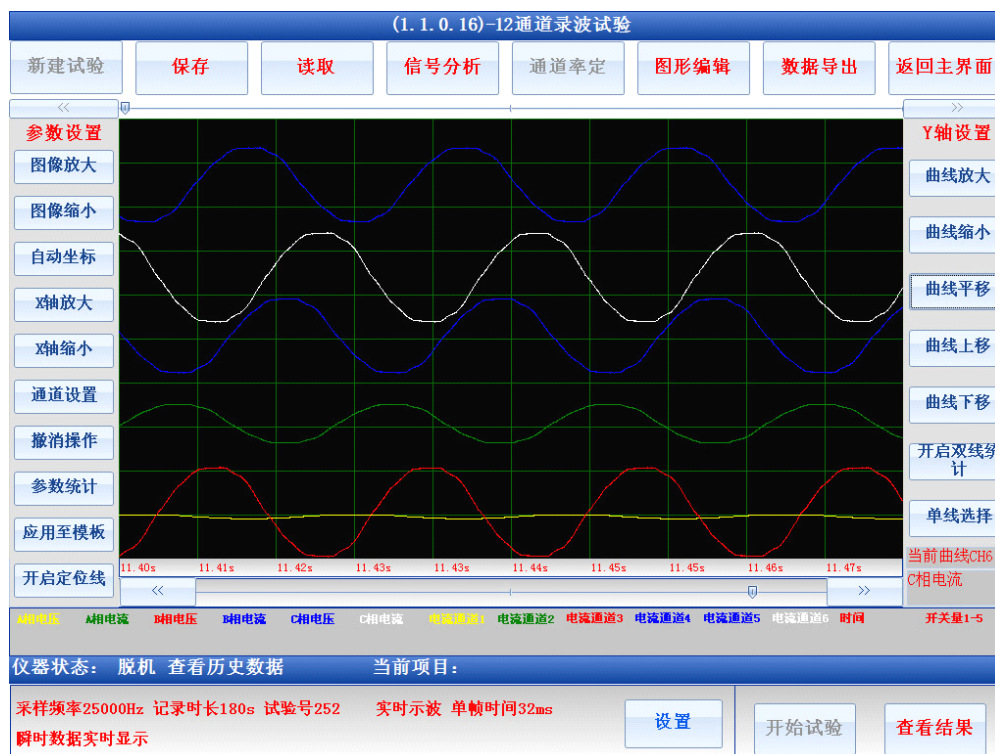


图 5 软件工作界面

注意：只有在以下两种状态对示波器的参数进行设置，设置结果才会被保存在试验模板：

1、仪器处于“等待试验”状态，对示波参数的进行设置，并且重新启动软件设置参数才会被保存到试验模板，下次启动软件时仪器将会以新的模板作为默认参数。

2、在其他状态设置参数，并且选择了应用至模板，重新启动软件设置参数才会被保存到试验模板，下次启动软件时仪器将会以新的模板作为默认参数。

3、试验数据采集。当仪器处于试验数据采集状态时，仪器实时展示各通道实际采集的数据和图形

4、试验结果查看，当试验达到停止条件或用户选择了停止试验时，



仪器终止数据采集，提示用户保存试验，并依据相关标准自动计算试验结果参数，并在试验结果展示界面显示计算所得各项数据和图形。

5、试验报告生成，当试验正常完成后，用户选择生成试验报告，仪器自动生成 WORD 或 EXCEL 形式的试验报告，试验报告和试验数据都可以通过 U 盘导出。

注意：

<1> 生成试验报告时，报告中的实时数据图形为当前示波器时间窗口所展示图形，用户可以通过调整当前窗口波形，从而获得比较理想的报告波形，示波器窗口一次展示的数据最大不超过 **120000** 个数据时间点。

<2> 生成 EXCEL 波形时，报告中的数据也是当前时间窗口所展示图形，用户可以通过调整当前窗口波形，从而改变导出数据的时间窗口，一次导出的 EXCEL 数据时间点最大不超过 **120000** 个。

2.2.2 数据分析工具软件

仪器内置的数据分析软件主要包括：波形展示和分析工具，组合运算工具，交叉图形工具，频谱分析工具，谐波分析工具，有效值计算工具，交流功率计算工具，三相对称性分析工具和相量图绘制工具

软件工具中的示波器组件负责完成数据采集过程中的波形实时展示，数据分析中的波形放大，缩小，定位，参数统计等，以及整个试验模板的通道展示名称，单位，时间窗口范围，通道坐标范围，是否隐藏通道，当前展示坐标轴等。

组合运算工具为用户提供通道数据运算功能，当数据采集完成后，用



户可以使用该工具对当前示波器时间窗口中的图形进行加，减，乘，除和积分等运算，运算结果还是以示波器形式展现，用户可以选择生成该曲线的图片或导出该曲线的 **EXCEL** 数据等将运算结果保存。

交叉图形工具中为用户提供曲线相关性分析功能，用户可以对当前示波器时间窗口中的任意两条波形制作相关性曲线，还可以选择生成该曲线的图片或导出该曲线的 **EXCEL** 数据等将相关性曲线数据保存。

频谱分析工具提供信号的傅立叶频谱变换功能，用户可以对当前示波器时间窗口中的任意一段曲线进行频谱变换，以获取该信号的频谱图形，然后通过生成图形或者 **EXCEL** 文档形式将数据保存。

用户通过有效值计算工具可以对当前示波器时间窗口中的特定信号进行有效值计算，以获取信号的交流有效值。

用户通过交流功率计算工具可以对当前示波器时间窗口中的某 2 个特定信号进行功率计算，计算的指标包括有功功率，无功功率，视在功率，有效值，功率因素等。

三相分析工具是以当前示波器时间窗口中的指定的 6 个信号为 **A/B/C** 三相的电压和电流，计算每个信号的有效值，每一相的有功功率，无功功率，视在功率，功率因素以及三相电压和电流的零序分量，正序分量，负序分量，并绘制各个信号，分量的相量图。



三、仪器操作

3.1 仪器启动与关闭

在开启仪器电源之前，首先连接仪器主机箱和通信终端之间的连接电缆，仪器的电源开关和插座在仪器主机箱右侧，电源附件的保险管型号为 **0.5A**。仪器的主机和操作终端都过主机电源系统供电。

关闭仪器时，首先使用软件界面上的关闭系统，将仪器的所有软件系统关闭，然后待仪器界面提示：**It is now safe to turn off your computer** 时，将主机箱右侧的电源开关切断

3.2 仪器设置

仪器设置选项用于设置试验单位，试验人员，试验地点，自动生成试验报告的页脚，页眉信息，试验编号等。仪器参数设置内容主要在试验报告中展现，在软件操作主界面中点击“仪器设置按钮”出现图 4 所示仪器设置对话框。所有的设置信息都会被自动保存，下次再次启动软件时系统会维持上次修改的运行参数。

3.3 软件系统升级

一般情况下仪器的软件系统具有自恢复功能，即使仪器 **C** 盘下的文件系统被改变，下次启动计算机时所有的改变将会被自动恢复，所以当需要升级软件时，用户必须从厂家获得升级包，并将升级包置于 **U** 盘的根目录下，点击软件主界面的升级按钮，升级完成后，通过软件主界面的“关闭系统”按钮关闭仪器，此时所有的改变信息都将被存入仪器。下



次启动时仪器将使用升级以后的新软件。

仪器参数设置

测试仪信息

设备编号 922001

试验单位 武汉国电西高电气有限公司

操作人员 武汉国电西高电气有限公司

试验地点 武汉市江汉经济开发区江兴路17

报告页眉 武汉国电西高电气有限公司

报告页脚 武汉国电西高电气有限公司

试验编号 109

取消

确定

图 6 仪器设置

3.4 虚拟键盘

仪器启动时会自动加载虚拟键盘，通过虚拟键盘用户可以实现文字和数据输入等功能，虚拟键盘的按键位置和功能与实际物理键盘一致，当虚拟键盘启动后在屏幕右上角能看到如图 7 所示的橙色按钮。

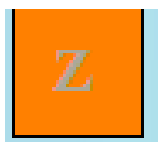


图 7 虚拟键盘启动图标

点击该按钮时虚拟键盘被展开，点击虚拟键盘的“HIDE”键时，虚拟键盘被隐藏。如果仪器中无橙色方块显示，可以通过仪器主界面的启动虚拟

键盘按钮启动键盘。

虚拟键盘的常见操作如下：

- 1、“HIDE” 隐藏虚拟键盘
- 2、“ENT” 回车确认选择
- 3、“FN”+ “EXI” 关闭虚拟键盘程序
- 4、“CAP” 大写输入锁定
- 5、“<<” 和 “>>” 左移和右移光标
- 6、“UP” 和 “DN” 上移，下移光标

虚拟键盘的外形如图 8 所示。

需要在仪器中输入中文时可以开启手写输入法，在仪器试验选择主菜单打开手写输入快捷菜单，在一起左上角会显示“手写”的橙色小块，按住橙色小块拖动可以改变其位置，单击橙色小块时可以开启和关闭手写键盘。

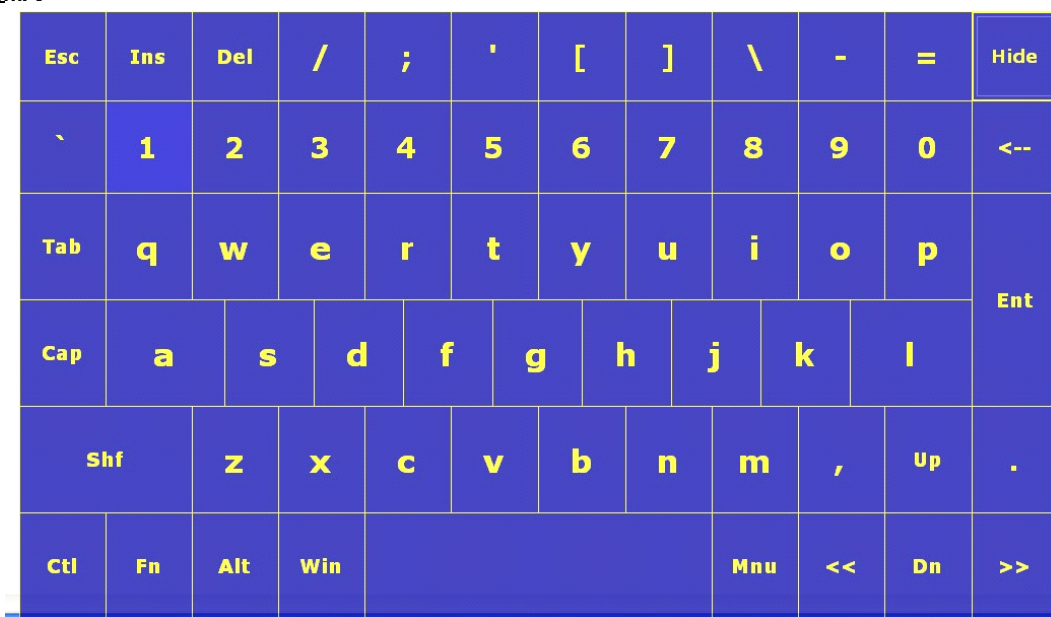


图 8 虚拟键盘

3.6 通道率定

图 9 通道滤定

通道率定是指设定采样通道实测信号值和真实物理量的对应关系，选择正确的信号通道类型（电压或电流）以及设定通道采样的档位，在软件主界面点击“通道率定”按钮出现图 9 所示界面。

对于模拟信号采集通道 CH1,CH2,CH3,CH4.....CH12，可以选择通道信号类型，信号类型可以是电压或者电流，选定通道类型后仪器将采集点切换到对应的物理通道，如果选择电压信号则对应的电流通道信号将不会被采集，选择电流信号则对应的电压信号通道不会被采集。

如果选定的信号为电压信号还需要选择信号的量程，仪器电压通道采集分为 10V/200V/400V 三档。

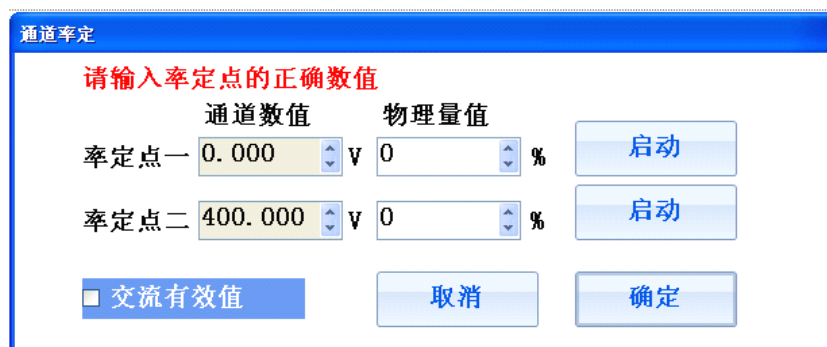
注意：试验过程中一定要正确的选择信号的量程以免通道过电压

选定模拟通道类型以后设定两个采集点和真实物理量的对应关系，一

般情况下应尽量选择传感器的零点和满量程点，传感器都是线性变换，对于电压输出型传感器，如果传感器输出电压为 V_1 时对应的物理量为 R_1 ，输出为 V_2 时对应的物理量为 R_2 ， V_1, R_1, V_2, R_2 和 $V_1 \rightarrow R_1$ 和 $V_2 \rightarrow R_2$ 的对应关系已知时，仪器会自动计算出实时采集的物理量值。例如对于导叶位移传感器，假设传感器输出为 $0V$ 时对应的水力发电机调速器导叶开度为 0% ， $10V$ 时对应的导叶开度为 100% ，则设置 CH1 的率定点 1 为 0 ， 0 率定点 2 为 10 ， 100 则试验过程中仪器会自动显示真实的导叶开度百分数值。

用户也可以选择对指定的通道进行自动率定，选择自动率定后出现图 10 所示画面

在此窗口点击启动后，仪器自动采集当前通道的电压值显示在通道数值项，用户只需要在待校验的率定点输入对应的物理量值即可，当两个率定点都获得数值后，当前通道校验完成。如果在点击启动前选择了交流有效值，则率定点的通道数值项将显示信号的交流有效值否则显示直流平均值。



	通道数值	物理量值	
率定点一	0.000	0	启动
率定点二	400.000	0	启动
<input type="checkbox"/> 交流有效值		取消	确定

图 10 自动率定界面

3.7 试验数据导出

仪器所保存的所有试验数据文件和试验报告文件都可以通过移动存储设备（U 盘或移动硬盘）导出。

仪器中所有的试验文件都是围绕试验模板程序而组织的，所以如果要查看某个试验的存储文件，必须首先从试验选择主界面进入对应的试验模板程序，然后在试验模板主界面点击“读取：按钮则会出现 如图 11 所示界面。

用户可以选择导出文件的类型，可选的项目包括：“试验文件”，“WORD 报告文件”，“EXCEL 数据文件”和“JPG 图形文件”，选择要导出的文件类型后，软件会列出仪器当前所存储的所有试验文件，插上 U 盘，然后选择要导出的文件，则该文件会自动导出至 U 盘的 WorkData 文件目录下。

注意：在该界面中点击清空存储器是指清空所插入的 U 盘 **WorkData** 下的所有文件。



图 11 数据导出

3.8 数据保存与读取

试验完成后点击软件主界面的保存按钮，则当前的试验数据会被保存至仪器，保存的文件名称格式为“××年××月××日××时××分××秒 试验类型”，只有在“查看数据”，“查看结果”，“查看历史数据”和“查看历史结果”状态时才可以保存数据。

点击试验模板程序主界面的读取按钮会出现图 12 所示界面，选择要读取的历史试验，则仪器进入查看历史数据或结果的状态，所保存的试验曲线，结果和当时的试验环境都会被重现。读取历史数据界面也可以清除存储器中所存储的历史试验文件。



图 12 读取历史试验

3.9 生成试验报告

试验完成后试验结果会以图形或者数据的方式展示，在结果查看器中



选择生成报告类型，然后点击生成报告则在仪器中会自动生成 WORD/EXCEL 格式的试验报告，试验报告的名字与保存的试验文件名字相同。

试验报告中的实时曲线图形和当前显示的示波器中的图形完全一样，并且仪器会对图形进行自动标识。

生成试验报告时可选的项目包括：单色 WORD 报告，彩色 WORD 报告，EXCEL 数据等组合。

3.10 示波器操作

仪器的示波器组件实现的主要功能包括：

- (1) 数据采集时的实时示波
- (2) 数据采集完成后对数据进行波形回放
- (3) 数据波形的整体放大，整体缩小，X 轴放大，X 轴缩小，定位，撤销操作等
- (4) 数据波形的参数统计，统计内容包括平均值，最大值，最小值，开关量跳动次数，以及这些参数所对应的时间轴
- (5) 对单条曲线进行，Y 轴放大，Y 轴缩小，Y 轴上移/下移/平移，双线统计等操作
- (6) 通道名称定义，物理量单位定义

示波器组件外形如图 5 所示，左右两边的工具栏是针对示波器的操作，当鼠标离开工具栏时，工具栏会自动收起显示当前的坐标系，当鼠标进入工具栏的文字提示处时，工具栏会自动打开，显示可以进行的操作按

钮。

针对于示波器的操作包括：通道与坐标设置，图形放大，缩小，X 轴放大，X 轴缩小，参数统计，撤销操作，坐标自动选择，数据定位，单线统计分析，单线上移，单线下移，单线平移，单线放大，单线缩小，应用当前坐标设置至模板等操作。



图 13 通道设置

1) 通道与坐标设置完成通道名称定义，单位定义，颜色设置，是否显示，信号坐标范围，时间轴范围，当前坐标系配置等设置功能。其中通道设置如图 13 所示，其中通道 1，通道 2.....通道 12 对应仪器主机面板的 CH1，CH2.....CH12 等 12 个物理通道，通道名称文本框是信号通道在该试验模板中的物理量名称，后面紧跟的是物理量的单位，展示时曲线的颜色，当是否显示复选框选中时，曲线将显示在示波器中，否则曲线将不在示波器中展示。



图 14 示波器的坐标设置

坐标设置对话框如图 14 所示,通过最小值和最大值来定义当前信号展示时的坐标范围,调整坐标范围可以实现对曲线的放大和缩小,通道小数点位数用于控制示波器数据展示和分析时小数点位数,此项决定了此通道数据在系统中展示时所需要的小数点位数。

X 轴设置即为时间轴的范围设置,将 X 坐标小数点增多将可以增加时间分析的分辨率。

坐标系选择可以选择 4 条曲线的坐标作为当前显示的坐标系。当设置的 X 轴范围超过限制时,仪器会自动调整至允许设置的最大值。

2) 图形的放大与缩小

仪器提供四种方式对当前窗口的波形进行放大与缩小,第一种方式是使用示波器左边快捷工具栏的放大与缩小工具,第二种方式是调整波形的坐标范围,第三种通过按下鼠标或者一直接触触摸屏在 LCD 上绘制一个矩形区域以实现图形的精确缩放,第四种是通过示波器右边快捷工具栏

对特定曲线进行放大和缩小。

其中波形放大，缩小和矩形区域缩放控制这两种方式是针对当前窗口的所有信号进行的操作，而坐标调整和特定曲线的缩放则是针对特定的某一条曲线，并且对特定曲线的缩放只影响 Y 坐标的调整

3) X 轴放大与缩小

X 轴的放大与缩小操作是指调整当前示波器图形的时间窗口，并不改变曲线的 Y 轴坐标范围。

4) 图形定位

在示波器左边快捷工具栏可以启动或者关闭数据定位操作，启动数据定位操作后，示波器中会显示一条定位红线如图 22 所示，示波器数据框会显示当前红线对应的时间，以及该时刻各个通道的数值

当前示波画面参数统计结果



图 15 参数统计

5) 参数统计

在左边的快捷工具栏中选择参数统计，仪器会展示当前示波器时间窗口中模拟信号的平均值，最大值，最小值，以及它们的时间位置，开关量



跳变次数，以及它们首次跳变的时间位置。展示结果如图 15 所示。

6) 自动坐标

在左边快捷工具栏中有一个自动坐标选项，此选项的作用是保持当前的时间窗口不变，自动调整曲线的 Y 坐标值，使所有的曲线都能以合适的大小显示在当前窗口中

7) 应用至模板

仪器处于非运行状态时，点击应用至模板则当前示波器的设置参数会被自动保存至当前试验的模板参数中，下次再次启动试验时会以当前坐标为模板进行初始化设置。

8) 单线的放大，缩小，上移，下移

在示波器的右边模板点击单线选择，确定需要操作的曲线，然后通过放大，缩小，上移和下移可以调整该曲线的 Y 轴大小和位置。

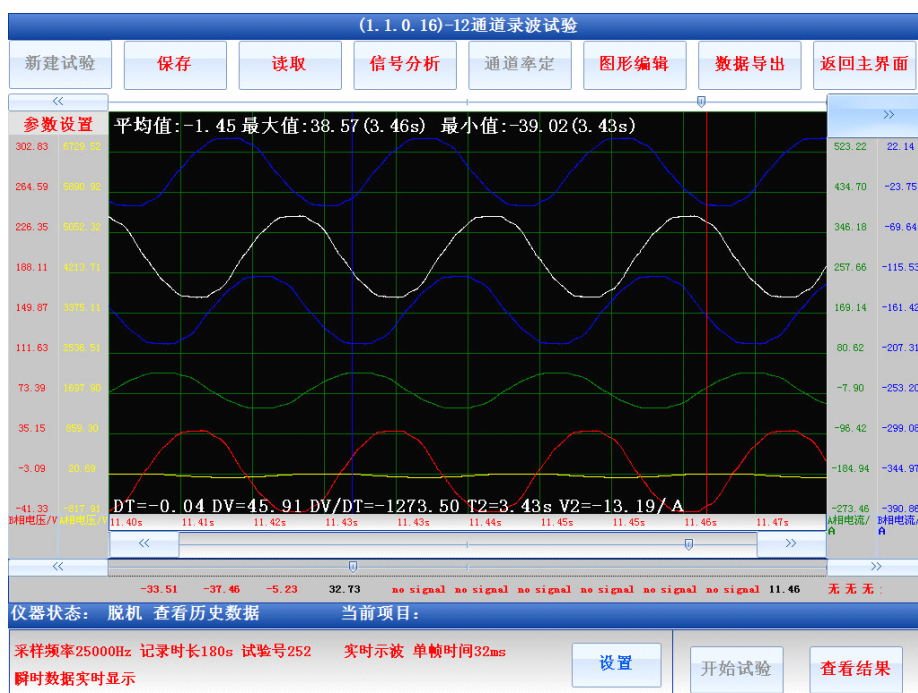


图 16 双线统计



9) 单线的平移

在示波器的右边模板点击单线选择，确定需要操作的曲线，点击曲线平移，则用户在示波器中按下鼠标（或触摸屏压下），然后移动鼠标，曲线会在屏幕上移动与鼠标等值的 Y 轴距离。

10) 曲线的双线统计

在示波器的右边模板点击单线选择，确定需要操作的曲线，点击开启双线统计，则示波器中会出现红色和蓝色的两条曲线，并且示波器中会给出该曲线划定时间区间内的平均值，最大值，最大值时间，最小值，最小值时间，两根定位线的时间差 DT，数值差 DV，数值时间变化率 DV/DT，以及蓝色曲线对应的 T2 时间和数值 V2。在进行双线统计分析时，红色曲线 T1 所对应的数值全部在示波器中的文本框中更新。双线统计图形如图 16 所示。

3.11 运算组合分析

运算组合工具使用户可以对仪器的通道数据进行二次运算，运算符号包括，加，减，乘，除，积分五种，运算所得的波形还是以示波器的形式展现。运算组合设置界面如图 17 所示

注意：运算组合，参数统计，交叉图形，频谱分析和谐波分析等功能都是针对示波器当前时间窗口的曲线进行运算

组合运算后所得的数据还是以示波器形式展现，并且时间窗口的长度与原始数据一致，进行组合运算时，各运算后的通道名称可以重新定义如图 17 所示，当某一通道后的运算变量有一项不为 0 时，该通道就会被选择，如果通道全部为 0 则该通道不会在运算后显示。



图 17 组合运算参数设置

3.12 交叉图形工具

交叉图形工具使用户可以对所采集的任意通道数据进行相关性分析，按照图 18 所示的设置界面，选择某一通道作为 X 轴，某一通道作为 Y 轴就可以绘制示波器当前时间窗口对应波形的关系特性曲线。例如选择同一通道作为 X 轴和 Y 轴时，此时的关系为 $Y=X$ 曲线。其对应曲线为一条过 0 点，斜率为 1 的直线如图 19 所示。



图 18 交叉图形工具通道选择

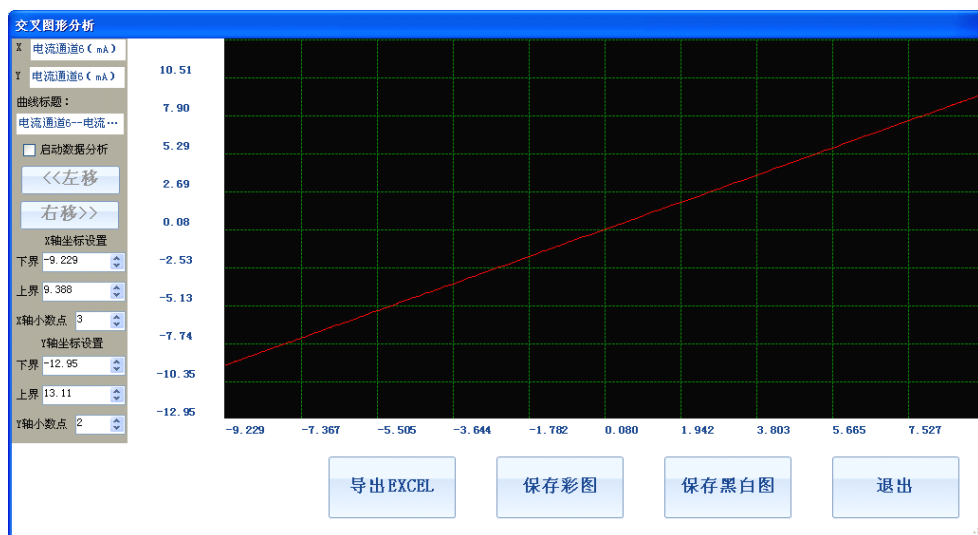


图 19 交叉图形关系曲线

3.13 傅里叶频频分析

仪器软件系统还内置了频谱分析工具，将示波器的数据定位在某一时间窗口，点击频谱分析后，在图 20 参数设置界面选择要进行分析的通道，仪器会自动计算数据的傅立叶频谱，并绘制频谱曲线如图 21 所示。注意在进行频谱分析时请确保信号的当前时间窗口数据点数为 **128** 至 **2000** 之间，如果要分析的信号为周期信号，请确保示波器的当前时间窗口展



示的是信号的完整周期

通道数据选择

请选择要进行谐波计算的通道

<input type="radio"/> 通道1	电压通道1	<input type="radio"/> 通道2	电压通道2	<input type="radio"/> 通道3	电压通道3
<input type="radio"/> 通道4	电压通道4	<input type="radio"/> 通道5	电压通道5	<input type="radio"/> 通道6	电压通道6
<input type="radio"/> 通道7	电流通道1	<input type="radio"/> 通道8	电流通道2	<input type="radio"/> 通道9	电流通道3
<input type="radio"/> 通道10	电流通道4	<input type="radio"/> 通道11	电流通道5	<input checked="" type="radio"/> 通道12	电流通道6

请确保当前画面的特分析波形点数大于128且小于2000
针对周期信号，请确保当前画面至少包含一个完整周期

确定 取消

图 20 频谱分析参数选择界面

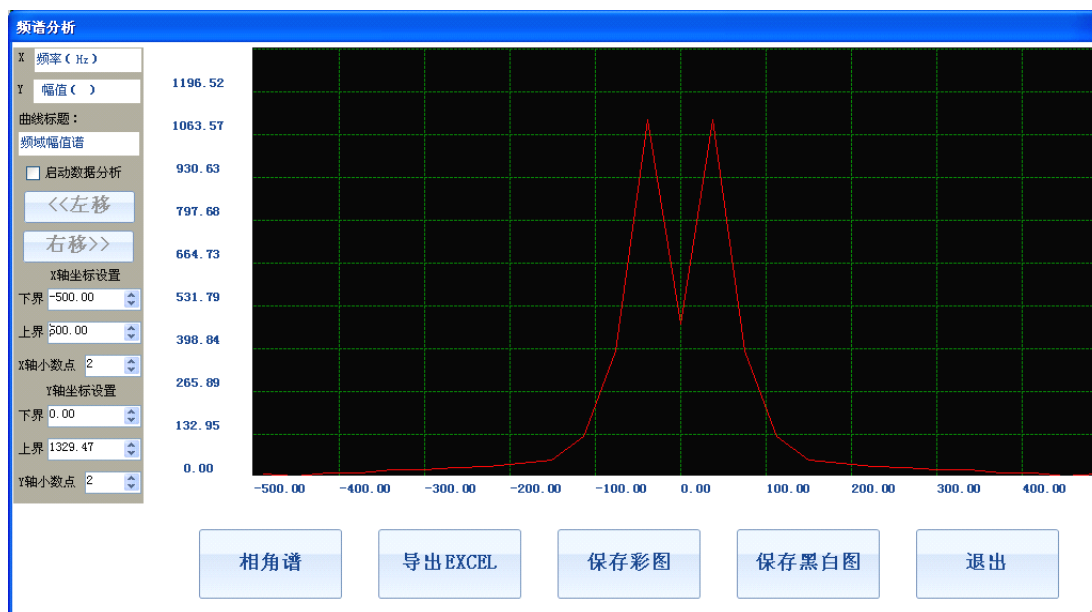


图 21 频谱图展示

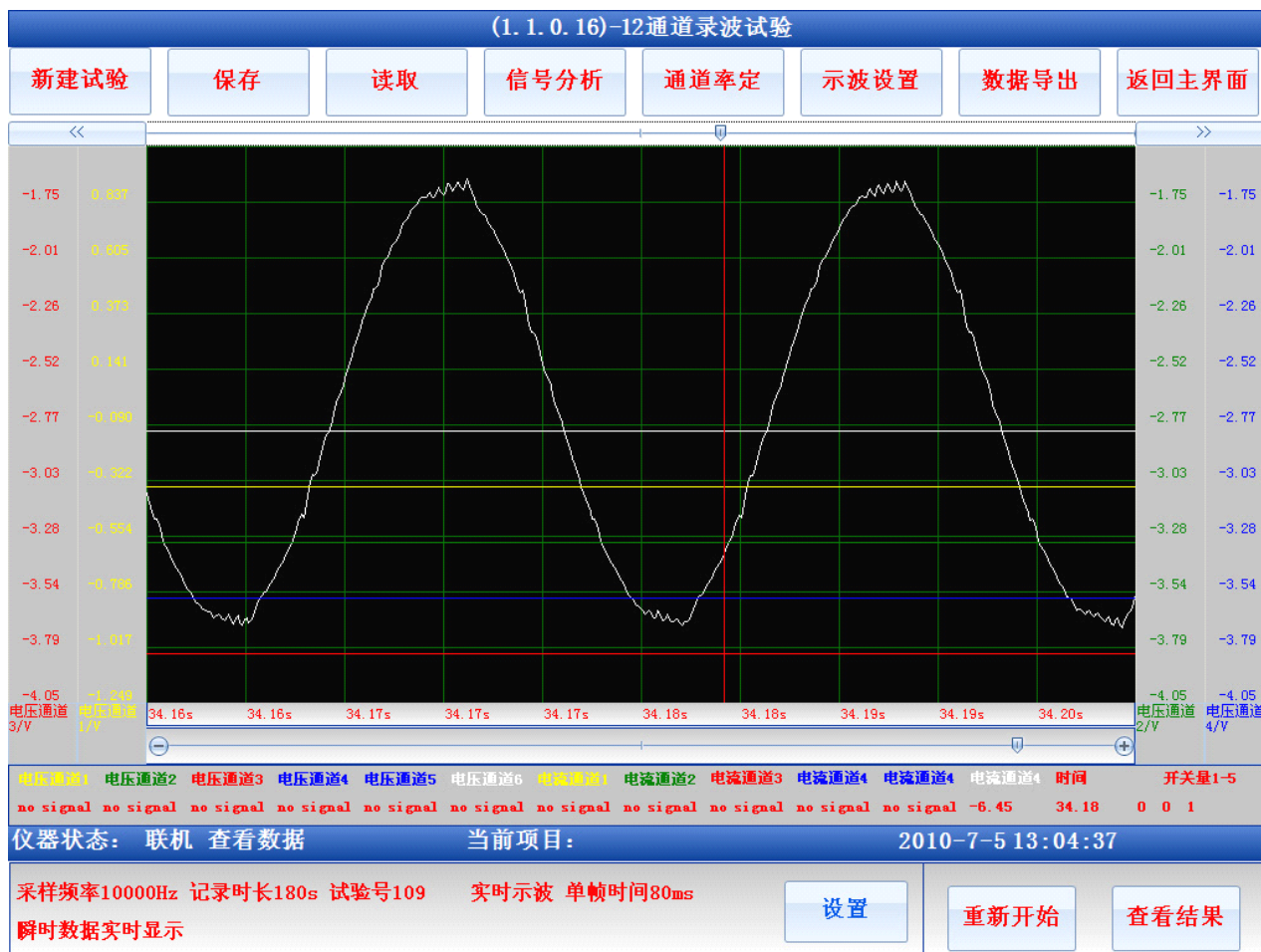


图 22 谐波分析信号选择

3.14 谐波分析

谐波分析工具只针对交流正弦信号有效，将待分析的曲线的一至两个完整周期的信号置于示波器窗口（请勿选择过多的信号周期，否则会造成分析的分辨率下降）如图 22 所示。

当选择好完整的信号周期后，按照图 19 所示选择对应的数据分析通道，仪器自动计算出该信号的总谐波含量以及各次谐波含量，分析结果展示如图 23 所示。生成 WORD 文档按钮能将当前展示窗口中的所有数据转换成 WORD 报告。

各次谐波统计 (基波50.0Hz)

总谐波畸变率	THD=5.02%
第2次谐波含量	0.07%
第3次谐波含量	4.32%
第4次谐波含量	0.10%
第5次谐波含量	1.78%
第6次谐波含量	0.00%
第7次谐波含量	0.55%
第8次谐波含量	0.03%
第9次谐波含量	1.57%
第10次谐波含量	0.02%
第11次谐波含量	0.22%
第12次谐波含量	0.04%
第13次谐波含量	0.49%
第14次谐波含量	0.02%
第15次谐波含量	0.30%
第16次谐波含量	0.02%
第17次谐波含量	0.05%
第18次谐波含量	0.02%
第19次谐波含量	0.15%
第20次谐波含量	0.03%
第21次谐波含量	0.18%
第22次谐波含量	0.07%

生成WORD文档

退出

图 23 谐波分析结果展示

3.15 图形编辑

所有采集的试验数据和信号组合运算后的数据组成的示波器图形都可以进行图形编辑, 点击图形编辑后当前窗口中的示波器图形会被导入至图形编辑器如图 24 所示。

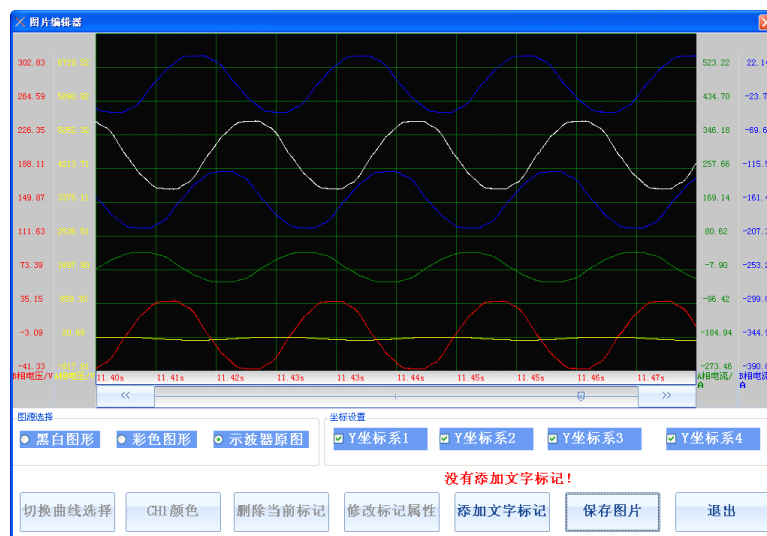


图 24 图形编辑

图形编辑项目包括添加文字标识, 修改文字标识, 删除文字标识, 改变图形背景和颜色, 改变当前坐标系显示。其中添加文字标识后, 仪器提示用户设置文字的内容和大小, 标识会被自动放置在示波器中心, 用户通过鼠标拖动改变标识的位置。当用鼠标单击某一标识后该标识被选中, 用户可以对选中的标识进行属性修改和删除操作, 标识设置窗口如图 25 所示。

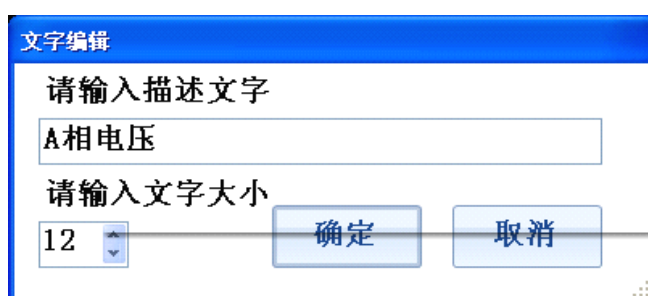


图 25 标识设置

当某一坐标系被选中时该坐标系会被显示, 否则坐标系将不会显示在图形中, 坐标系显示的顺序和示波器是完全一致的。

选择彩色图形后则编辑器中当前图形的背景色变成白色, 用户可以通过颜色选择设置某一曲线的颜色, 通过切换曲线选择改变当前的操作曲线。

选择黑白图形后则编辑器中显示背景为白色, 曲线为黑色。

3.15 有效值和交流功率计算

仪器的有效值计算是针对单条曲线进行的, 因此在计算有效值前需要用户进行曲线选择, 曲线选择的界面如图 26 所示。选择某一曲线后单击计算, 系统以对话框形式展示当前通道的有效值。



图 26 有效值计算曲线

功率计算与有效值计算类似，也需要首先选择曲线，但是功率计算需要选择的曲线包括电压和电流两条，当用户完成曲线的选择后点击计算，系统显示当前两条曲线的有效值，有功功率，无功功率，视在功率，功率因素。当计算发生错误时，系统会提示常见的错误信息。

注意：当某一条曲线的畸变达超过 **20%**时，系统认为该曲线不是正弦信号，此时不能进行交流功率计算

有效值计算和交流功率计算的结果都可以生成 **WORD**，然后通过 **U** 盘导出仪器

3.16 三相分析

三相分析功能是针对三相电力系统而设计的，用户从当前曲线中选择正确的 **A/B/C** 三相的电压和电流如图 27 所示。然后点击计算则系统自动计算每一个信号的有效值，每一相的有功功率，无功功率，视在功率，功率因素，三相电压的零序，正序和负序分量，三相电流的零序，正序和负序分量。计算结果展示在图 27 所示的文本框中，通过生成 **WORD** 文档用户可以将当前的计算结果导出。在计算过程中如果某一条曲线畸变超过

20%将会导致计算失败。



图 27 三相分析

除了文字结果以外，三相分析计算还可以导出三相电压的相量图，三相电流的相量图，三相电压分量相量图，三相电流分量相量图，三相相量图计算的基准参考相量是 A 相电压。相量图展示如图 28 所示，用户可以将该相量图生成 JPG 图片从仪器导出。

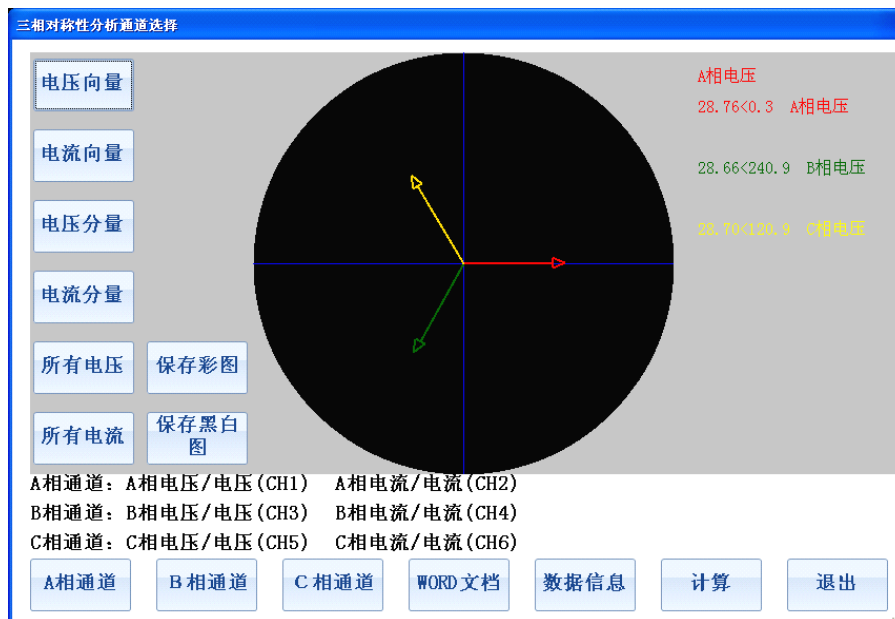


图 28 三相分析相量图

3.17 相量图工具

相量图工具用于绘制曲线针对于某一参考曲线的相量关系图，被绘制的曲线畸变都必须小于 **20%**，否则系统认为该信号不是正弦信号。在绘制相量图之前需要选择基准参考相量。相量图工具的界面如图 29 所示。

“参考曲线”按钮用于选择基准参考相量，如果选择的基准相量不是正弦信号或者畸变超过 **20%**将无法绘制其它相量的关系图，此时需要重新调整参考相量。相量的右边文字展示的是当前图中相量的名称，模值和相角，其中角度的单位是度。相量图可以通过生成 **JPG** 图片形式从仪器导出。

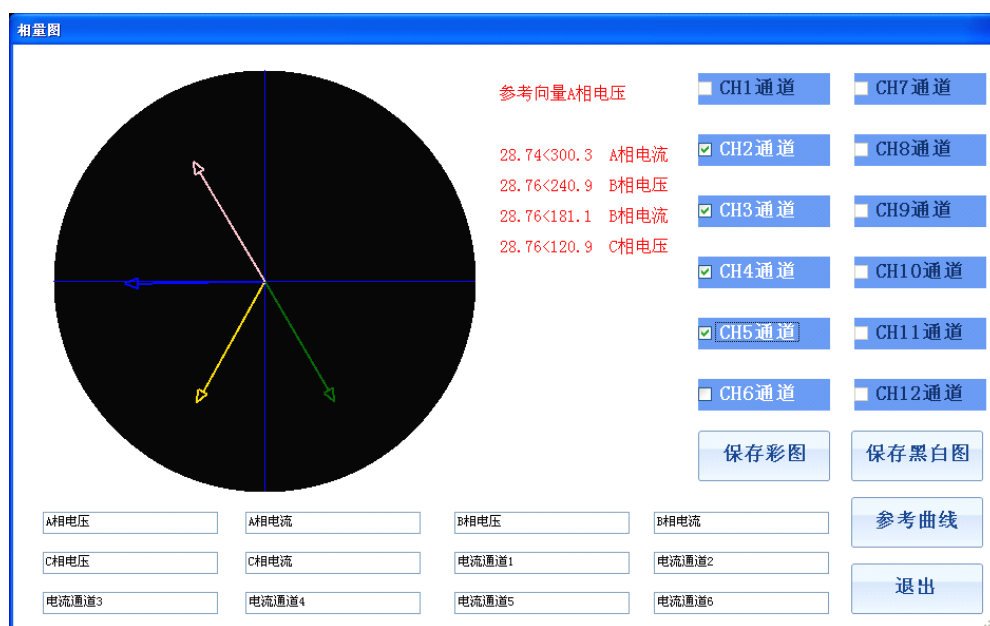


图 29 相量图工具



四、试验模板

4.2 12/8/6/交流录波试验

录波试验是通用的试验模板，这四个试验的区别在于 12 通道时仪器采集所有通道的数据，8 通道采集时仪器只采集 CH1~CH4，CH7~CH10 8 个模拟量通道和所有开关量通道，6 通道模式时仪器只采集 CH1~CH3，CH7~CH9 6 个模拟量通道和所有开关量通道。通道越少采集的频率可以越高，仪器 12 通道同步采样的最高频率为 **50KHZ**，8 通道同步采样的最高频率为 **83.5KHZ**，6 通道同步采样的最高频率为 **100KHZ**。

交流录波试验时仪器的采集频率固定为 25KHZ，所有 12 个通道的模拟量数据都被采集，但是仪器展示信号时的频率为 **25Hz**，当选择为交流信号时仪器显示信号的真有效值(**RMS**)，当选择为直流信号时仪器显示信号在 **40ms** 内 **1000** 个数据点的平均值。

12/8/6 通道试验时，在试验参数设置中，将通道选择为直流时，示波器展示信号的瞬时数值，当选择为交流信号时仪器展示上一个计算周期的交流有效值，因此选择为交流信号时在波形上信号会很长时间没有变化（因为计算交流有效值需要一定的时间周期，例如 25KHZ 采集时需要 40ms 的计算周期）

所有试验的参数模板被配置后重新启动软件时，关闭试验程序时模板会被保存，下一次启动软件时仪器会自动将软件配置成上一次试验时的参数。但是需要注意的是针对于试验模板坐标环境的设置有特殊要求。只有试验程序处于“等待试验”时，对试验模板坐标环境（如通道名称，



单位，坐标大小，时间轴等）的设置才会被保存至仪器。

4.2 发电机空载特性试验

试验原理与目的：绘制发电机空载状态下励磁电流和机端电压的关系特性曲线，获取发电机磁路饱和系数

试验接线：

1) 按照图 30 所示的试验参数设置界面连接测试线，获取测试信号

1> 励磁电流采样信号至仪器 CH0 通道

2> 连接 A 相机端电压 PT 二次侧至仪器 CH1 通道

3> 连接 B 相机端电压 PT 二次侧至仪器 CH2 通道

4> 连接 C 相机端电压 PT 二次侧至仪器 CH3 通道

CH0 通道即励磁电流采样显示的为直流数值，CH1,CH2,CH3 显示交流有效值

试验参数：发电机空载特性试验仪器的采样频率为 25KHZ，示波器显示频率为 25HZ，交流信号显示有效值，直流信号显示 40ms 内的平均值。

进行发电机空载特性试验时，仪器支持自动记录和手动记录两种方式，选择自动记录时仪器按照记录步长自动存储相应的数据点，手动记录时则由用户点击记录按钮，有选择性的记录某些关键数据点位。需要设置的参数包括额定电压，自动记录步长，升压停止电压。额定电压用于计算空载特性曲线的磁路饱和系数，其余两项参数用于空载自动记录过程。

试验流程：

试验连线完成后，发电机处于无励磁状态运转，启动仪器的空载特性试验数据记录，然后由 0 开始增加励磁电流至最大试验电流，并在此上升过程中记录某些关键数据点位（手动或自动控制），在此过程中励磁电流应一直处于增加状态。到达停止点以后，开始慢慢减少励磁电流至 0，并记录某些关键数据点位，在此过程中电流应一直处于下降。

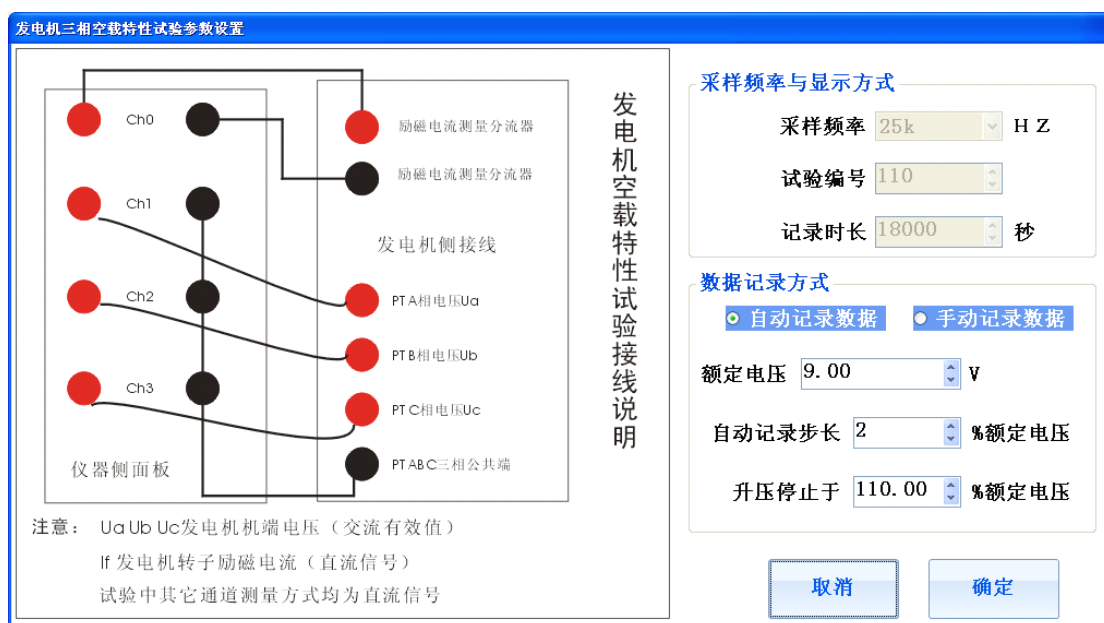


图 30 空载特性试验参数设置

结果展示和参数计算说明：

空载特性试验计算的参数包括磁饱和系数，三相特性曲线（ABC 三相升压曲线和下降曲线的平均值）。

在空载特性试验结果展示界面，用户可以选择查看上升下降曲线或者是特性曲线，曲线一共包括 A,B,C 三组，分别展示 A,B,C 三相机端电压对励磁电流的关系。用户还可以将测得的数据与保存的历史曲线数据进行对比，以检查发电机的空载特性曲线是否发生了变化。

发电机空载特性曲线的结果展示界面如图 31 所示，选择详细试验结果时可以获得计算所得的发电机磁路饱和系数。

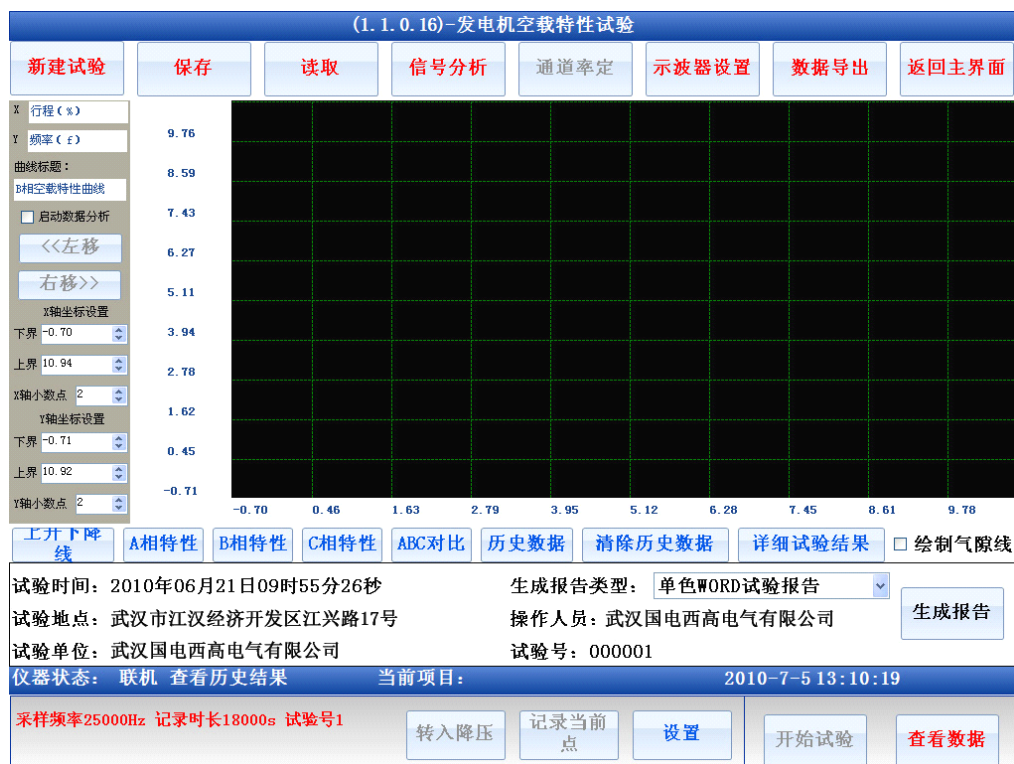


图 31 发电机空载特性曲线

4.3 发电机三相短路特性试验

试验原理与目的: 绘制发电机三相短路状态下励磁电流和机端短路电流的关系特性曲线，计算发电机直轴同步电抗，发电机短路比

试验接线:

- 1) 按照图 32 所示的试验参数设置界面连接测试线，获取测试信号
- 1> 励磁电流采样信号至仪器 CH0 通道
- 2> 连接 A 相机端短路电流采样至仪器 CH1 通道
- 3> 连接 B 相机端短路电流采样至仪器 CH2 通道
- 4> 连接 C 相机端短路电流采样至仪器 CH3 通道

CH0 通道即励磁电流仪器显示的为直流数值，CH1,CH2,CH3 仪器显



示交流有效值。

试验参数：发电机三相短路特性试验仪器的采样频率为 25KHZ，示波器显示频率为 25HZ，交流信号显示有效值，直流信号显示 40ms 内的平均值。

进行发电机三相短路特性试验时，仪器支持自动记录和手动记录两种方式，选择自动记录时仪器按照记录步长自动存储相应的数据点，手动记录时则由用户点击记录按钮，有选择性的记录某些关键数据点位。需要设置的参数包括额定电流，自动记录步长，升流停止电流，空载特性曲线额定电压对应的励磁电流，磁路饱和系数。额定电流，额定电压对应的励磁电流，磁路饱和系数用于计算三相直轴同步电抗，最大短路比，自动记录步长升流停止电流用于控制试验数据记录过程，

试验流程：

试验连线完成后，将发电机出口使用短路排对地短路，开机使发电机处于无励磁状态运转，启动仪器的三相短路特性试验数据记录，然后由 0 开始增加励磁电流使短路电流由 0 至最大试验短路电流，并在此上升过程中记录某些数据点位（手动或自动控制），在此过程中励磁电流应一直处于增加状态。到达停止点以后，开始慢慢减少励磁电流至 0，并记录某些关键数据点位，在此过程中电流应一直处于下降。



发电机三相短路特性试验参数设置

发电机短路特性试验接线说明

注意: Ia Ib Ic 发电机机端三相短路电流 (交流有效值)
If 发电机转子励磁电流 (直流信号)
试验中其它通道测量方式均为直流信号

采样频率与显示方式

采样频率: 25k HZ
试验编号: 111

数据记录方式

☒ 自动记录数据 ☐ 手动记录数据

额定电流: 0.00 V
自动记录步长: 0 %额定电流
升流停止于: 0.00 %额定电流

直轴同步电抗与短路比计算

三相额定电压对应的励磁电流A/B/C (A)
8.91 9.02 9.02
三相饱和系数A/B/C
1.17 0.99 1.00
额定电压/V: 9 [从空载特性试验文件读取](#)

[取消](#) [确定](#)

图 32 短路特性试验参数设置

结果展示和参数计算说明:

三相短路特性试验计算的参数直轴同步电抗, 发电机短路比, 特性曲线 (ABC 三相升压曲线和下降曲线的平均值)。

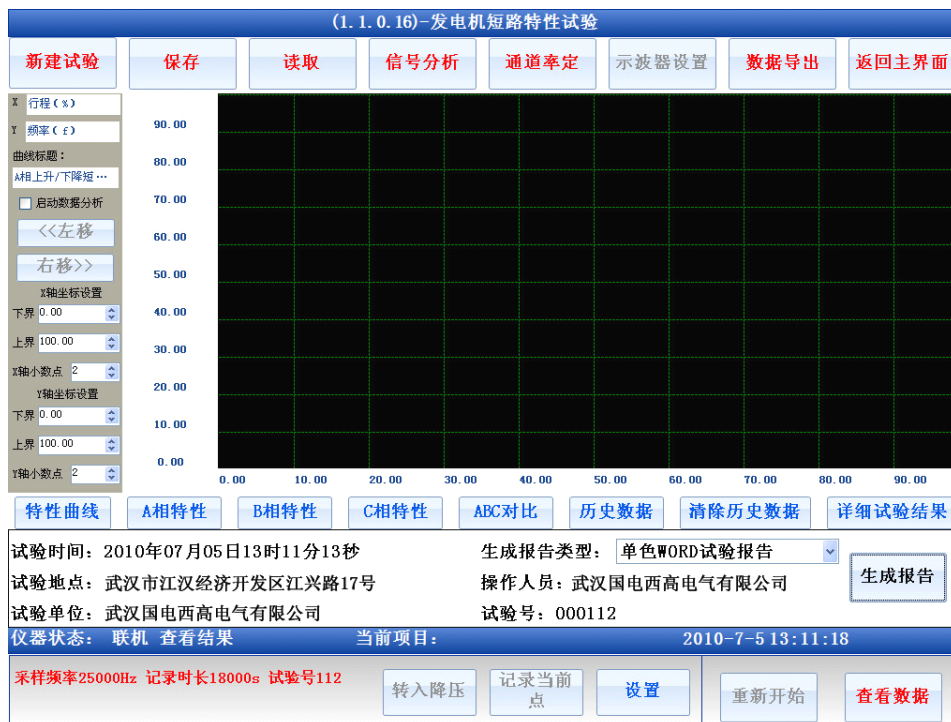


图 33 发电机三相短路特性曲线试验结果展示



在三相短路特性试验结果展示界面，用户可以选择查看上升下降曲线或者是特性曲线，曲线一共包括 A,B,C 三组，分别展示 A,B,C 三相机端短路电流对励磁电流的关系。用户还可以将测得的数据与保存的历史曲线数据进行对比，以检查发电机的三相短路特性曲线是否发生了变化。发电机三相短路特性曲线的结果展示界面如图 33 所示，选择详细试验结果时可以获得计算所得的发电直轴同步电抗和发电机短路比。

4.4 甩负荷试验

试验原理与目的：甩负荷试验记录机组在带负荷并列运行时，突然与电网解列，机组转速和机端电压上升的最大值，以及机组恢复空载工况的能力和時間。

试验连线：

1) 按照图 34 所示的试验参数设置界面连接测试线，获取测试信号

1> 连接 A 相机端电压 PT 二次侧至仪器 CH0 通道

2> 连接机组频率变送器信号至仪器 CH1 通道

3> 连接无源断路器分闸信号至仪器开关量通道 SW1

CH0 通道即 A 相机端电压 PT 二次侧，仪器显示交流有效值，CH1 直流数值

试验参数：发电机三相短路特性试验仪器的采样频率为 25KHZ，示波器显示频率为 25HZ，交流信号显示有效值，直流信号显示 40ms 内的平均值。

进行发电机甩负荷试验时，需要输入的参数包括空载机端电压额定

值，机端电压在空载额定工况时的采样波动幅值，额定频率信号在采样时的波动幅值。

试验流程：

试验连线完成后，开机使发电机处于并网状态运行，启动仪器甩负荷试验数据记录，突然跳开合闸断路器使机组与电网解列，等待机组回到空载工况时，停止波形记录。

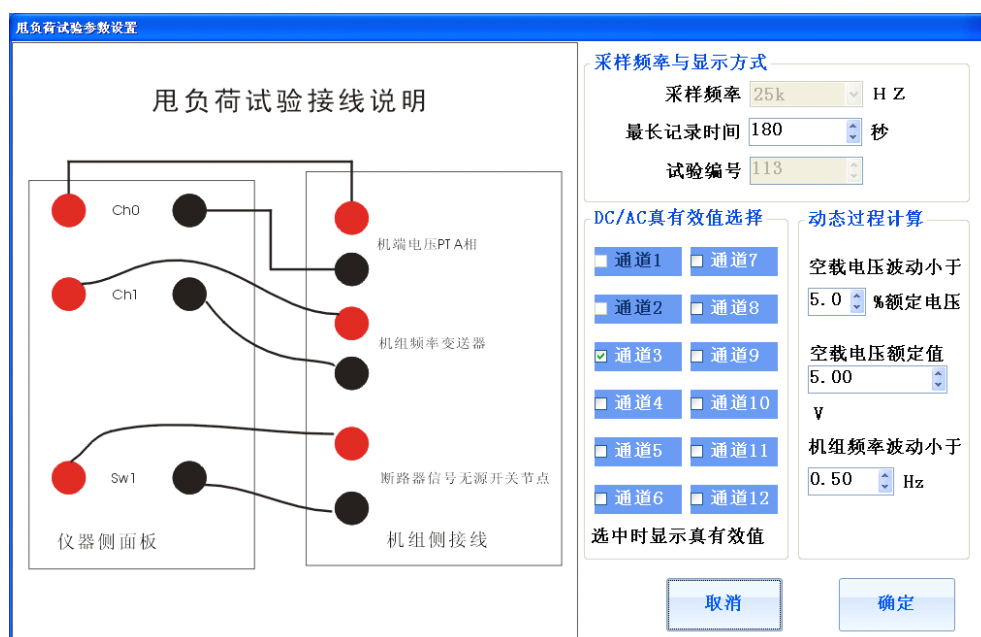


图 34 甩负荷试验参数设置

参数计算与结果展示说明：仪器计算所得的参数包括最大频率，频率超调，频率波动次数，稳定时间，最大电压，电压超调，电压波动次数和稳定时间。超调，波动次数和稳定时间均按照“大中型水轮机组试验验收规范”的定义进行计算所得。

4.5 机组同期试验

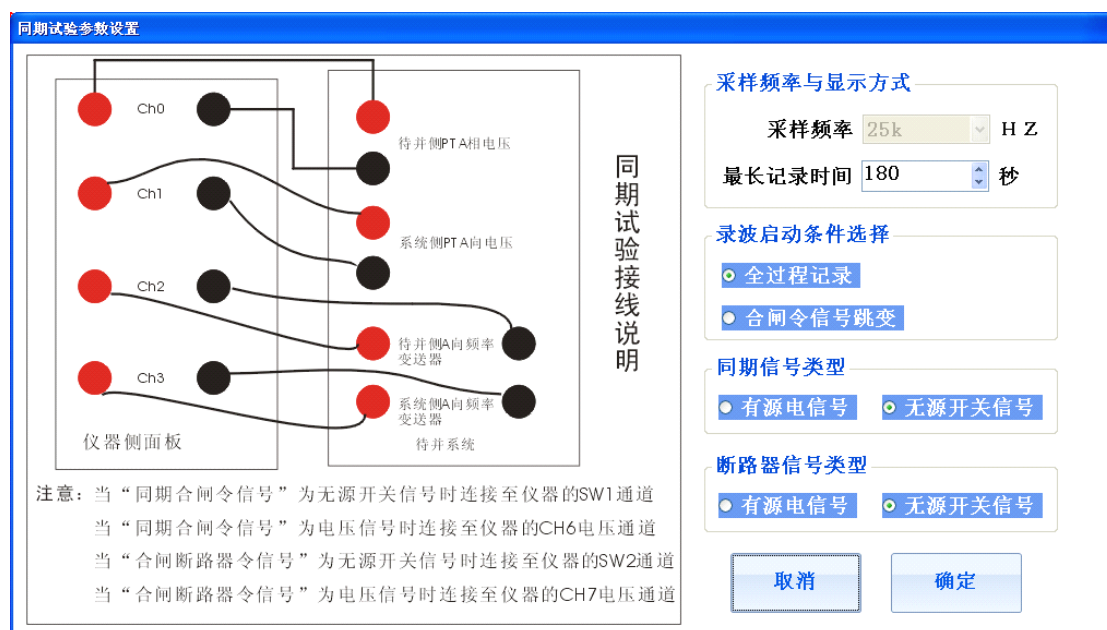


图 35 同期试验参数设置

试验原理与目的：通过记录机组频率和电网频率在合闸瞬间的频率，相角，电压判断同期装置的合闸条件是否满足要求。

试验连线：

按照图 35 完成试验连线

- 连接待并测 PT 的 A 相电压至仪器 CH0
- 连接系统侧 PT 的 A 相电压至仪器 CH1
- 连接待并测频率变送器至仪器 CH2
- 连接系统侧频率变送器至仪器 CH3

所有通道均展示仪器采样的瞬时数值，该试验的采样频率和示波器显示频率都是 25KHZ

试验参数：同期试验需要设置的参数包括录波器启动条件，同期合闸

令信号类型，断路器信号类型。录波器启动条件有全过程录波和合闸令信号跳变录波两种选择。全过程录波是指试验被启动后仪器就开始了波形录制过程，而合闸令跳变则指仪器检测到合闸令跳变后才开始波形录制。同期合闸令信号和断路器信号类型分为有源信号和无源信号，无源信号直接进入开关量节点 SW1 和 SW2，但如果节点为有源信号即为电信号，则信号应输入模拟电压输入通道 CH6 和 CH7。

试验流程：完成试验连线后，机组开机至空载工况，点击软件主界面的同期试验选项，设置试验参数，点击开始试验启动仪器试验过程，通过自动化系统给同期装置发送合闸信号，等开关合闸以后停止波形录制过程，试验完成，仪器会自动计算合闸瞬间的压差，频差和角差。

4.5 励磁系统 10%阶跃响应试验

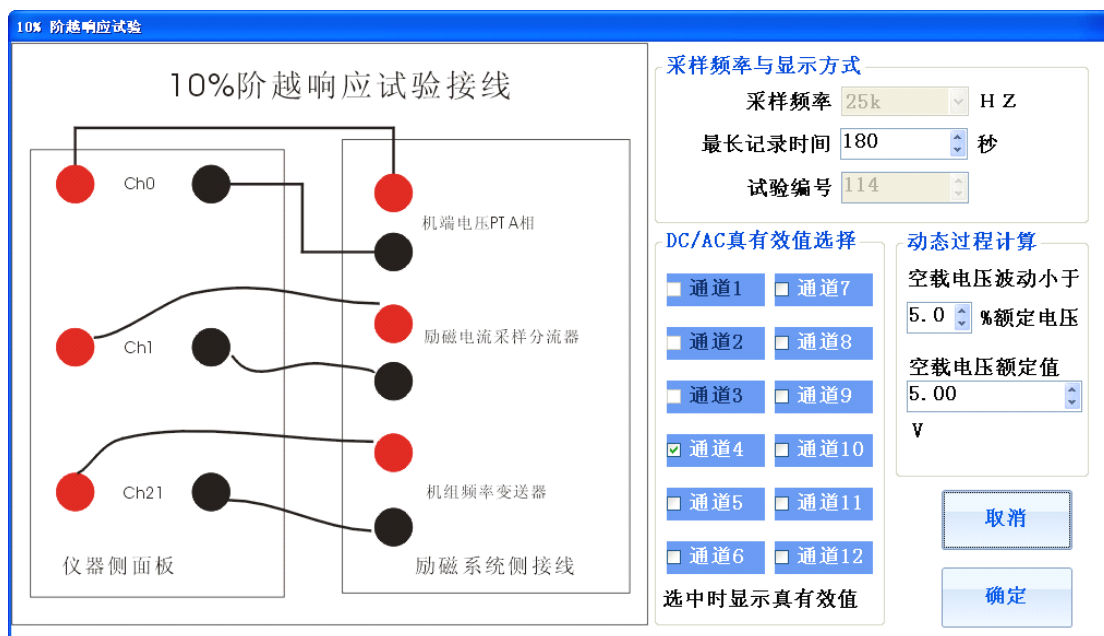


图 36 励磁系统 10%阶跃试验参数设置



试验原理与目的：记录发电机励磁系统遇到外加干扰时波形，计算调节参数以判断励磁系统此时的调节能力。

试验连线：

1) 按照图 36 所示的试验参数设置界面连接测试线，获取测试信号

1> 连接 A 相机端电压 PT 二次侧至仪器 CH0 通道

2> 连接励磁电流采样信号至仪器 CH1 通道

3> 连接机组频率变送器信号至仪器开关量通道 CH2。

CH0 通道即 A 相机端电压 PT 二次侧，仪器显示交流有效值，CH1 和 CH2 显示直流数值。

试验参数：励磁系统 10%阶跃响应试验的采样频率为 25KHZ，示波器显示频率为 25HZ，交流信号显示有效值，直流信号显示 40ms 内的平均值。

进行发电机 10%阶跃响应时，需要输入的参数包括空载机端电压额定值，机端电压在空载额定工况时的采样波动幅值，以确定仪器对机端电压信号采样的波动值。

试验流程：

试验连线完成后，开机使发电机处于空载状态，启动仪器 10%阶跃试验数据记录，突然给励磁系统施加 10%阶跃响应，等待励磁系统调节至稳定，停止试验数据采集。

参数计算与结果展示说明：仪器计算所得的参数包括最大电压，电压超调，电压波动次数和稳定时间。超调，波动次数和稳定时间均按照“大中型水轮机组励磁系统试验验收规范”的定义进行计算所得。

4.6 励磁系统电压频率特性

试验原理与目的：记录发电机励磁系统在机组转速发生变化时频率和电压的对应关系。

试验连线：

1) 按照图 37 所示的试验参数设置界面连接测试线，获取测试信号

1> 连接机组频率变送器信号至仪器信号输入通道 CH0

2> 连接 A 相机端电压 PT 二次侧至仪器 CH1 通道

CH1 通道即 A 相机端电压 PT 二次侧，仪器显示交流有效值，CH0 显示直流数值。

试验参数：频率电压特性试验的采样频率为 25KHZ，示波器显示频率为 25HZ，交流信号显示有效值，直流信号显示 40ms 内的平均值。

进行发电机频率电压特性试验时，需要输入的参数包括自动还是手动记录数据，自动记录数据的步长，数据记录对应的频率变化方向。频率变化方向是指试验中频率是增加还是减少。

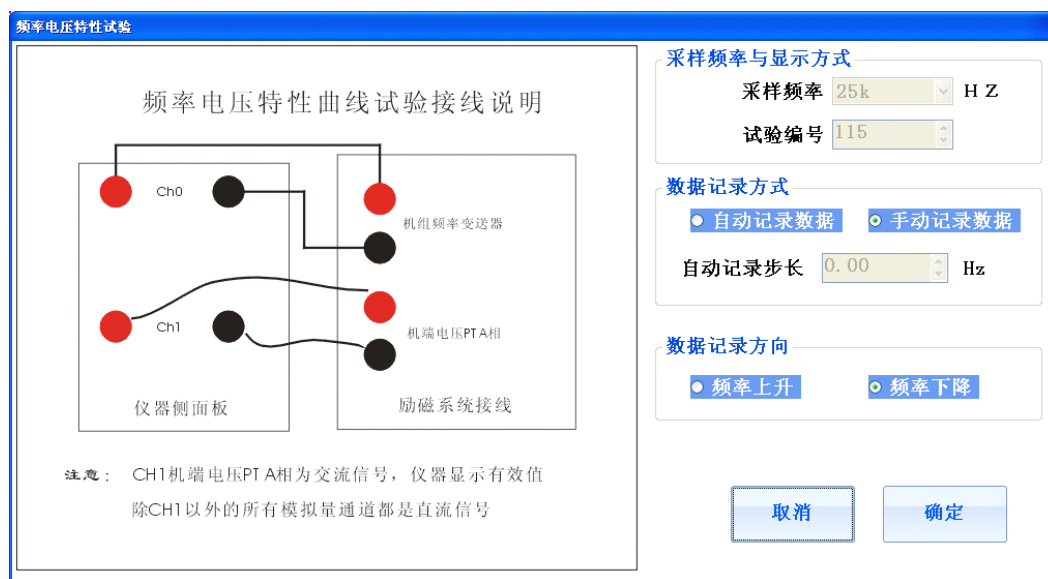


图 37 频率电压特性曲线



试验流程:

试验连线完成后,开机使发电机处于空载状态,机组转速调节至试验起始频率,启动试验过程,然后增加或者减少转速,记录此过程中的某些关键点,频率变化到达截止点后停止试验数据采集。

参数计算与结果展示说明:该试验获得的试验结果是频率和电压的关系特性曲线。

4.7 励磁系统灭磁特性

试验原理与目的:记录发电机励磁系统在灭磁时的灭磁曲线,并计算灭磁时间常数。

试验连线:

1) 按照图 38 所示的试验参数设置界面连接测试线,获取测试信号

1> 连接励磁电流采样信号至仪器 CH0

2> 连接励磁电压采样信号至仪器 CH1

3> 连接励磁机端电压 A 相 PT 二次侧至仪器 CH2

4> 连接励磁机端电压 B 相 PT 二次侧至仪器 CH3

5> 连接励磁机端电压 C 相 PT 二次侧至仪器 CH4

6> 灭磁开关信号至开关量通道 SW1 或模拟量通道 CH8

CH2, CH3, CH4 通道即 ABC 相机端电压 PT 二次侧,仪器显示交流有效值, CH0 和 CH1 显示直流数值

试验参数:灭磁特性试验的采样频率为 10KHZ,示波器显示频率也是 10KHZ。

励磁系统灭磁特性试验需要设置的信号包括灭磁开关信号的类型，空载额定励磁电流。灭磁开关信号用于计算灭磁时间常数的灭磁起点寻找，空载额定励磁电流则用于计算灭磁时间常数计算的结束点。

试验流程：

试验连线完成后，开机使发电机处于空载额定励磁状态，点击灭磁特性试验开始数据采集，突然合并励磁开关，使励磁系统消磁，停止试验。仪器将自动记录灭磁曲线和灭磁时间常数。

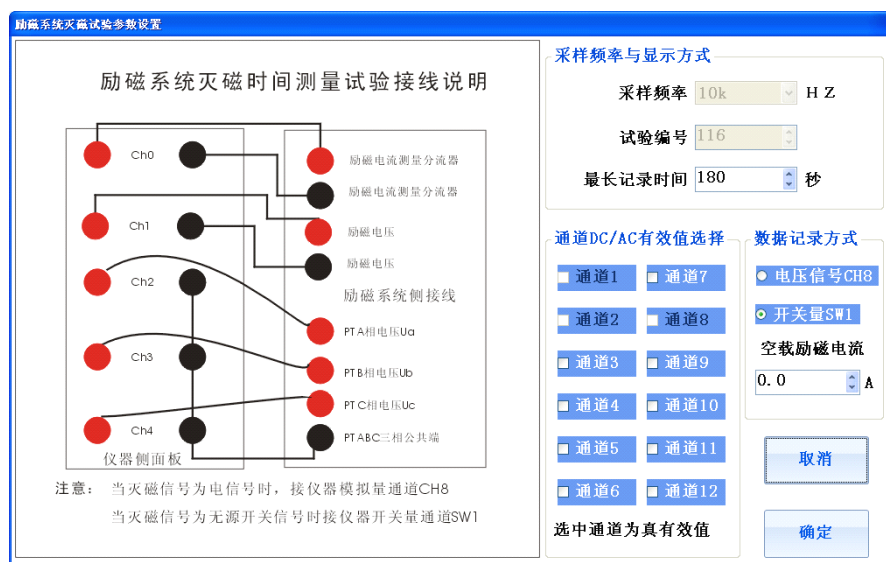


图 38 灭磁试验参数设置

参数计算与结果展示说明：灭磁时间常数是灭磁开关合至励磁电流衰减至额定 5% 以下时所用的时间。

五、注意事项

1. 连接输入信号时，请一定注意信号的允许输入范围
2. 连接主机和终端时请先关闭主机箱的电源供电



六、运输、贮存

1. 运输

设备需要运输时，建议使用包装箱和减震物品，以免在运输途中造成不必要的损坏，给您造成不必要的损失。

设备在运输途中不允许堆码排放。使用包装木箱时允许最高堆码层数为二层。运输设备途中，仪器面板应朝上，不允许倒置。

2. 贮存

设备应放置在干燥无尘、通风无腐蚀性气体的室内。在没有木箱包装的情况下，不允许堆码排放。

设备贮存时，面板应朝上，并在设备的底部垫防潮物品，防止设备受潮。

七、开箱及检查

1. 开箱注意事项

开箱前请确定设备外包装上的箭头标志应朝上。开箱时请注意不要用力敲打，以免损坏设备。开箱取出设备，并保留设备外包装和减震物品，既方便了您今后在运输和贮存时使用，又起到了保护环境的作用。

2. 检查内容

开箱后取出设备，应检查配件设施，如发现短少，请立即与本公司联系，我公司将尽快及时为您服务。



八、其它

本产品整机保修两年，实行“三包”服务，终身维修，在保修期内凡属本公司设备质量问题，提供免费维修。由于用户操作不当或不慎造成损坏，提供优惠服务。

我们将期待您对本公司产品提出宝贵意见，公司将对您所购买的设备建立用户档案，以便给您的设备提供更快更优质的服务。

如您公司地址和联系方式变更请及时通知，以便让我们给您提供及时的跟踪服务。